



TUGAS AKHIR - SF 141501

## EVALUASI AKUSTIK RUANG PADA RUANG SIDANG FISIKA ITS SEBAGAI *CONFERENCE ROOM*

FANNISA RAHMAN  
NRP 1113100027

Dosen Pembimbing  
Dr. Suyatno  
Gontjang Prajitnno, M.Si

DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR - SF 141501

## EVALUASI AKUSTIK RUANG PADA RUANG SIDANG FISIKA ITS SEBAGAI *CONFERENCE ROOM*

FANNISA RAHMAN  
NRP 1113100027

Dosen Pembimbing  
Dr. Suyatno  
Gontjang Prajitnno, M.Si

DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017



FINAL PROJECT - SF 141501

## EVALUATION OF ACOUSTIC ROOM IN PHYSICS ITS COURT ROOM AS CONFERENCE ROOM

FANNISA RAHMAN  
NRP 1113 100 027

Advisor  
Dr. Suyatno  
Gontjang Prajitnno, M.Si

DEPARTMENT OF PHYSICS  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
201



# **EVALUASI AKUSTIK RUANG PADA RUANG SIDANG FISIKA ITS SEBAGAI *CONFERENCE ROOM***

## **TUGAS AKHIR**

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas  
Akhir Pada

Program Studi S-1 Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Disusun Oleh:

**FANNISA RAHMAN**

**NRP 1113 100 027**

Disetujui oleh tim pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing 1

Dr. Suyatno

NIP.19760620 200212.1.1004



(.....)

Dosen Pembimbing 2

Gontjang Prajitno, M.Si

NIP. 19660102 199003.1.001



(.....),





## EVALUASI AKUSTIK RUANG PADA RUANG SIDANG FISIKA ITS SEBAGAI *CONFERENCE ROOM*

Nama : Fannisa Rahman  
NRP : 1113 100 027  
Departemen : Fisika ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Suyatno  
Gontjang Prajitnno, M.Si

### **Abstrak**

Sebagai *conference room*, Ruang Sidang Fisika ITS harus memiliki parameter-parameter akustik yang dibutuhkan oleh setiap peserta. Parameter tersebut meliputi tingkat kebisingan ruang, distribusi SPL, RT, C80, dan D50. Pengukuran bising latar belakang dan distribusi SPL dilakukan dengan mengukur SPL di tiap titik pengukuran, pada distribusi SPL menggunakan sumber suara berupa white noise dari speaker yang ditempatkan di panggung. Sementara untuk pengukuran RT, C80 dan D50 dilakukan dengan membangkitkan respon impuls melalui metode *balloon burst*. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai tingkat bising latar belakang yaitu NC-40 s/d NC-45 Distribusi SPL tidak merata karena perbedaan nilai SPL antara posisi yang paling dekat dengan sumber dan yang paling jauh berkisar 14 dBA, sementara untuk parameter waktu dengung  $0,98 \text{ s} \pm 0,19$ , C80 bernilai  $3,28 \text{ dB} \pm 2,6$ , dan D50 bernilai  $50,07\% \pm 11,68$  setara dengan nilai SI 90-97% kategori kejelasan suara “bagus”. Nilai ini belum memenuhi kriteria sebagai ruang konferensi, namun ruang lebih mengarah sebagai fungsi ruang musik.

*Kata Kunci: parameter akustik, SPL, kejelasan suara*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## EVALUATION OF ACOUSTIC ROOM IN PHYSICS ITS COURT ROOM AS CONFERENCE ROOM

Name : Fannisa Rahman  
NRP : 1113 100 027  
Departement : Physics ITS  
Advisor Lecturer : Dr. Suyatno  
Gontjang Prajitnno, M.Si

### **Abstract**

As conference room, physics ITS courtroom must have the acoustic parameters required to achieve a good acoustic condition, so that the participants receive clearly the information provided by speaker. To get the good condition of these acoustic, the necessary measurements of background noise, distribution of acoustics parameters include SPL, RT, C80, and D50. Background noise and SPL distribution is done by measuring SPL at each measurement point, but on the SPL distribution using the sound source of white noise from the loudspeakers placed on the stage. As for the measure of RT, C80 and D50 is done by generating an impulse response through the “balloon burst” method. From the measurement results, the value of background noise level between NC-40 and NC-45 that exceeds the value of conference room/speech room criteria. the SPL distribution is uneven because the different value of SPL between the closest and the most away of the stage reaches more than 14 dBA, while the reverberation time is 0,98 s, C80 is 3,28 dB, and D50 is 50,07% equivalent to the SI value of 90-97% speech intelligibility category of “good”. This value is not satisfy enough to fulfill the criteria as conference room. It is more suitable as music room.

Keyword: *acoustic parameters, SPL, speech intelligibility*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabil'alamiin, segala puji bagi Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul "Evaluasi Akustik Ruang pada Ruang Sidang Fisika ITS sebagai *Conference Room*". Selesaiannya penulisan laporan ini banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyusun laporan dengan baik. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi membantu dalam bentuk apapun, terutama disampaikan kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberi doa, dukungan, motivasi, dan bimbingan yang senantiasa diberikan kepada penulis sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
2. Dr.Suyatno dan Pak Gontjang Prajitno, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan dukungan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibuk Susilo Indrawati, Msi yang selalu membantu penulis
4. Dr. Yono Hadi P,M.Eng selaku Kepala Departemen Fisika FMIPA ITS atas fasilitas dan pengarahan yang diberikan selama kuliah dan sampai terselesaikan nya Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan Tugas Akhir Befie, mbak Gita, Selvi, Mudito, mas Habib, mas Wildan, Annas, mas Akhirul, mas Adis, dan mas Awang yang telah bersama-sama berjuang menyelesaikan ini semua dan memberi dukungan serta sharing ilmu. Badai pasti berlalu.
6. Teman-teman tercinta yaitu Sari, Dinar, Ambar, dan Fitri yang selalu ada untuk mencurahkan keluh kesah.
7. Teman-teman Aer, Ajeng, Azizah, Fairus, Befie, Ira, Fitri, dan Lia yang selalu memberi penyemangat tanpa kenal lelah.

8. Teman-teman tersayang kosan banana Desna, Syarah, dan Onya yang selalu memberikan semangat dan kegembiraan ketika stress dalam menyelesaikan tugas ini.
9. Teman-teman Supernova yang telah menjadi keluarga kedua yang pertama selama berada di Surabaya ini.
10. Kakak-kakak tingkat dan adek-adek tingkat Fisika ITS yang selalu mensport penulis dan selalu tersenyum.
11. Semua orang yang telah mengambil andil dalam membantu Tugas Akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, tanpa kalian semua Tugas Akhir ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Semoga Allah swt membalas kebaikan kita semua. Amiin.

Semoga skripsi ini memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun pembaca. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
COVER PAGE .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan Penelitian .....	2
1.4    Batasan Masalah .....	2
1.5    Manfaat Hasil Penelitian .....	3
1.6    Sistematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Akustika dalam Ruangan .....	5
2.1.1    Refleksi bunyi (Pemantulan) .....	6
2.1.2    Absorpsi Bunyi (Penyerapan) .....	7
2.1.3    Difraksi (Pembelokkan) .....	7
2.1.4    Transmisi Bunyi .....	7

2.2	Parameter Akustik Ruang.....	8
2.2.1	Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi.....	8
2.2.2	Waktu Dengung ( <i>Reverberation Time-RT<sub>60</sub></i> ).....	8
2.2.3	Bising Latar Belakang ( <i>Baground Noise</i> ).....	9
2.2.4	Respon Impuls ( <i>Impulse Reponse</i> ) .....	11
2.2.5	<i>Early Decay Time (EDT)</i> .....	12
2.2.6	<i>Clarity (C<sub>80</sub>)</i> .....	12
2.2.7	<i>Definition (D<sub>50</sub>)</i> .....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		15
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	15
3.2	Tahap Observasi Awal.....	16
3.3	Tahap Pengambilan Data.....	18
3.3.1	Bising Latar Belakang .....	19
3.3.2	Distribusi Tingkat Tekanan Suara .....	20
3.3.3	Pengukuran Respon Impuls ( <i>Impulse Response</i> ).21	
3.4	Tahap Analisa Data .....	22
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....		23
4.1	Analisa Data .....	23
4.1.1	Bising Latar Belakang ( <i>Background Noise</i> ).....	23
4.1.2	Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi.....	24
4.1.3	Impluse Respon .....	25
4.2	Pembahasan .....	25
4.2.1	Bising Latar Belakang .....	25

4.2.2	Distribusi tingkat tekanan suara .....	29
4.2.3	Waktu dengung (RT).....	31
4.2.4	<i>Clarity</i> /C80.....	34
4.2.5	<i>Definition</i> /D <sub>50</sub> .....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....		43
LAMPIRAN I.....		45
LAMPIRAN II .....		51
LAMPIRAN III .....		67
BIOGRAFI PENULIS.....		77

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Rentang frekuensi bunyi manusia, musik, dan percobaan laboratorium (Mehta, Johnson & Rocafort 1999).....	5
Gambar 2. 2. Karakter bunyi dalam ruangan (Lea Prasetyo,2010) .....	6
Gambar 2. 3. Kurva NC standar (Marshall, 2006) .....	10
Gambar 2. 4. Ilustrasi respon implus dalam ruang dengan mengabaikan pemantulan .....	12
Gambar 3. 1. Diagram alir pada penelitian.....	15
Gambar 3. 2. (a) dan (b) Kondisi fisik dari ruang sidang (sumber:pribadi) .....	17
Gambar 3. 3. Tampak (a) atas, (b) belakang, (c) bagian atas kanan, dan (d) bagian kiri atas dari ilustrasi ruang sidang. ....	17
Gambar 3. 4. Denah ilustrasi titik pengukuran.....	18
Gambar 3. 5. Skema alat untuk pengukuran bising latar belakang. ....	19
Gambar 3. 6. Skema alat untuk pengukuran sebaran SPL .....	20
Gambar 3. 7. Skema alat untuk pengambilan respon impuls. ....	21
Gambar 4. 1 Grafik NC Ruang Sidang Fisika ITS (AC dinyalakan).....	26
Gambar 4. 2 Grafik NC Ruang Sidang Fisika ITS tanpa AC.....	27
Gambar 4. 3 Pesebaran Bilangan NC di Ruang Sidang Fisika ITS .....	28
Gambar 4. 4 Distribusi tingkat tekanan suara di frekuensi overall. ....	30
Gambar 4. 5 Pengurangan SPL ( $\Delta$ SPL) dari yang paling dekat dengan sumber dan palingn jauh. ....	31
Gambar 4. 6 Hubungan RT terukur terhadap RT rekomendasi... ..	32
Gambar 4. 7 (a) Pemetaan RT terukur dan (b) persebaran RT didalam Ruang Sidang Fisika ITS.....	34
Gambar 4. 8 Hubungan $C_{80}$ terukur terhadap $C_{80}$ rekomendasi. ....	35
Gambar 4. 9 (a) Pemetaan $C_{80}$ terukur dan (b) persebaran $C_{80}$ didalam Ruang Sidang Fisika ITS.....	36

Gambar 4. 10 Hubungan $D_{50}$ terukur terhadap $D_{50}$ rekomendasi.	37
Gambar 4. 11 (a) Pemetaan $D_{50}$ terukur dan (b) persebaran $D_{50}$ didalam Ruang Sidang Fisika ITS. ....	39

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Bilangan NC untuk berbagai jenis ruangan.....	9
Tabel 2. 2 Kategori penilaian Speech Intelligibility berdasarkan D50.....	14
Tabel 2. 3 Nilai optimum parameter akustik objektif.....	14
Tabel 4. 1 Data pengukuran bising latar belakang dan nilai NC. .....	23
Tabel 4. 2 Hasil pengukuran distribusi tingkat tekanan suara.....	24
Tabel 4. 3 Hasil pengukuran Respon impuls pada Frekuensi 1000 Hz.....	25

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perancangan akustik ruang sangat diperlukan untuk menciptakan suasana ruang yang nyaman sesuai dengan fungsi ruang. Ketidaksesuai antara desain ruang dapat menyebabkan cacat akustik seperti terjadinya gema, pemantulan bunyi yang berkepanjangan, gaung, pemusatan bunyi, dll. Suatu ruangan mempunyai akustik ruang yang baik, maka ruang tersebut harus memenuhi beberapa kriteria parameter akustik sesuai dengan fungsinya. Misalnya, ruang pertemuan (*meeting room*) dan ruang konferensi (*conference room*) yang sumber bunyinya didominasi oleh suara percakapan akan memiliki kriteria akustik yang berbeda dari ruang konser yang sumber bunyinya didominasi oleh suara musik. Untuk mengetahui kondisi akustik sebuah ruangan diperlukan evaluasi parameter akustik ruangan tersebut, sehingga dapat dilakukan langkah selanjutnya agar diperoleh kesesuaian antara parameter akustik dan fungsi atau kebutuhan ruang tersebut.

Sebagai ruang yang lebih banyak digunakan sebagai ruang pertemuan/ruang percakapan, menjadikan Ruang Sidang Fisika ITS menuntut adanya kejelasan pembicara (*speech intelligibility*). Hal ini bertujuan agar informasi yang disampaikan diterima secara jelas oleh pendengar. Beberapa hal yang mempengaruhi kejelasan suara diantaranya dipengaruhi oleh jalur perambatan, material, dimensi, koefisien absorpsi, bentuk ruangan, serta penambahan piranti pendukung akustik seperti *loadspeaker*. Dalam kondisi sebenarnya (eksisting), ruangan ini sudah mempunyai dua buah *loadspeaker* aktif, namun ketika berlangsungnya suatu kegiatan di ruangan tersebut masih dirasa kurang memenuhi fungsinya, sebab pendengar yang berada jauh dari pembicara tidak dapat mendengar dengan jelas informasi yang disampaikan.

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan kondisi akustik ruang sidang Fisika ITS diantaranya adalah Kadarisman (2010) yaitu tentang analisa bising latar belakang, distribusi tingkat

tekanan bunyi dan waktu dengung di ruang sidang Fisika FMIPA (G-202). Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa kondisi akustik ruang sidang lebih mengarah kepada kondisi ruang sebagai ruang musik. Penelitian tersebut dilakukan sebelum adanya perbaikan dan belum memperhatikan tentang bagaimana tingkat kejelasan suara, sebagai *conference room* sangat diperlukan penelitian parameter tentang tingkat kejelasan suara. Sehingga pada penelitian ini dilakukan evaluasi parameter akustik ruang pada Ruang Sidang Fisika ITS sebagai *conference room*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana evaluasi akustik ruang sidang, sehingga diperoleh parameter akustik yang sebenarnya sesuai dengan fungsi ruang.
2. Bagaimana mendapatkan nilai *speech intelligibility* ruang sidang

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1 Melakukan evaluasi parameter-parameter akustik Ruang Sidang sebagai ruang *conference*.
- 2 Menganalisa parameter-parameter akustik terhadap *speech intelligibility* ruangan sebagai ruang *conference*

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data ketika peralatan mekanikal-mekanikal dalam ruang dinyalakan.
2. Parameter akustik yang digunakan adalah persebaran SPL, waktu dengung (*Reverbration Time*), C80 (*Clarity*), dan D50 (*Definition*).

3. Frekuensi yang diamati frekuensi satu pita oktaf yaitu 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1k Hz, 2 kHz, dan 4k Hz.

### **1.5 Manfaat Hasil Penelitian**

Manfaat penelitian ini yaitu dapat mengetahui kinerja akustik di ruang sidang Fisika ITS dan dapat menjadikan Ruang Sidang Jurusan Fisika ITS sebagai rujukan Ruang Sidang dengan kriteria akustik yang baik sebagai ruang pertemuan maupun seminar di ITS.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini tersusun dalam lima bab yaitu, Bab I berisi Pendahuluan yang memuat latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Bab 2 adalah Tinjauan Pustaka, berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir. Bab 3 adalah Metodologi Penelitian, berisi tentang metode dan tahap pengambilan data. Bab 4 adalah Analisa Data dan Pembahasan, berupa hasil data yang diperoleh, serta analisa yang dilakukan. Bab 5 adalah Kesimpulan, berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Akustika dalam Ruangan

Bunyi adalah gelombang mekanik longitudinal dalam udara atau benda padat yang masih bisa ditangkap oleh telinga manusia, dengan rentang frekuensi 20–20.000 Hz. Pada udara dengan temperatur normal kecepatan perambatan bunyi berkisar 340 m/s. Dengan mengingat bahwa kecepatan rambat gelombang bunyi di udara

$$v = f \times \lambda \dots\dots\dots(2.1)$$

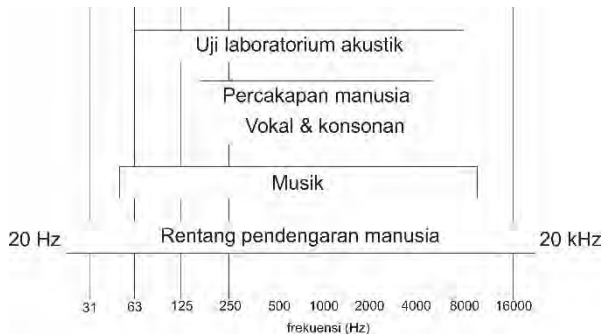
dengan:

$v$  = kecepatan bunyi (m/s)

$f$  = frekuensi (Hz)

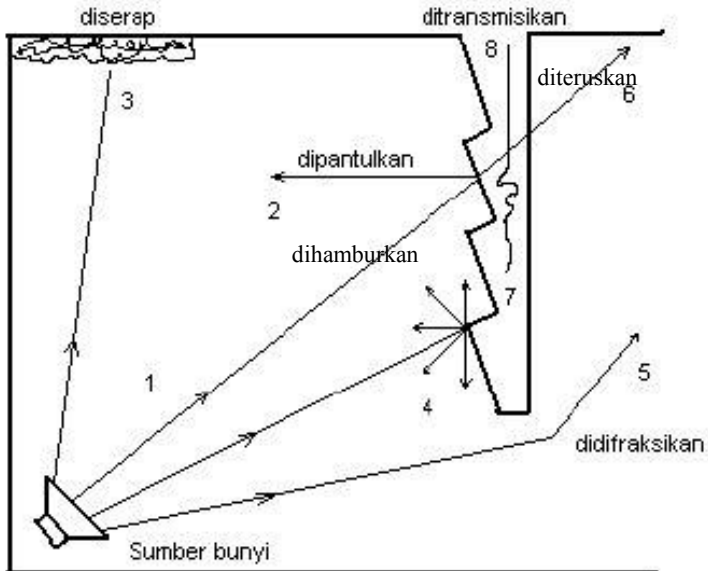
$\lambda$  = panjang gelombang (m)

Berdasarkan pada persamaan 2.1 maka selang panjang gelombang bunyi yang dapat didengar (*audible sound*) adalah antara 17 mm sampai 17 m. Tinggi rendah bunyi dideskripsikan oleh panjang gelombangnya, frekuensi atau banyaknya satu panjang gelombang per-satuan waktu (detik), dan bentuk gelombangnya (Doelle,1972). Gambar 2.1 menunjukan rentang frekuensi yang dihasilkan beberapa suara.



**Gambar 2. 1.** Rentang frekuensi bunyi manusia, musik, dan percobaan laboratorium (Mehta, Johnson & Rocafort 1999)

Dalam ruangan tertutup, bunyi yang dihasilkan oleh sumber akan merambat ke arah tertentu dan membentur pembatas ruangan, bunyi akan dipantulkan, dan/atau diserap, dan/atau ditransmisikan itu tergantung karakteristik pembentuk elemen pembatas tersebut. Gambar 2.2 menunjukkan sifat bunyi dalam ruang.



**Gambar 2. 2.** Karakter bunyi dalam ruangan (Lea Prasetyo,2010)

Berdasarkan pada Gambar 2.2, maka jika terdapat pendengar dalam ruang tersebut, pendengar bukan hanya mendengar bunyi yang berasal dari bunyi langsung namun juga berasal dari bunyi tidak langsung (Mediastika,2005).

### 2.1.1 Refleksi bunyi (Pemantulan)

Pemantulan terjadi karena bunyi mengenai objek penghalang yang keras, tegar, dan datar. Persamaan dalam gelombang cahaya juga berlaku pada gelombang bunyi yaitu sudut datang sama

dengan sudut pantul (Hukum Snellius). Namun persamaan ini hanya berlaku ketika bunyi mengenai penghalang yang memiliki permukaan licin sempurna dengan luas permukaan yang jauh lebih besar dari panjang gelombang bunyi yang datang. Ketika panjang gelombang bunyi yang datang lebih besar dari penghalang yang dikenai bunyi, maka bunyi akan dipantulkan acak.

### **2.1.2 Absorpsi Bunyi (Penyerapan)**

Sebuah bidang batas atau penghalang dapat menyerap bunyi tergantung dengan karakteristik materialnya. Penyerapan ini dapat mengurangi dan menurunkan energy bunyi yang mengenai bidang tersebut. Penyerapan bunyi sangat bermanfaat untuk mengontrol waktu dengung (*reverberation time*).

Kemampuan absorpsi suatu material berubah-ubah sesuai dengan frekuensi yang ada, ada beberapa jenis absorber yang sengaja diciptakan untuk bekerja secara efektif pada frekuensi tertentu, antara lain material berpori, panel penyerap, dan rongga penyerap.

### **2.1.3 Difraksi (Pembelokkan)**

Difraksi adalah peristiwa menerusnya atau membeloknya perambatan gelombang bunyi akibat ketidakmampuan penghalang yang berukuran kecil untuk menahan gelombang bunyi yang jatuh padanya. Difraksi dapat terjadi juga ketika bidang batas atau penghalang memiliki celah atau berlubang.

### **2.1.4 Transmisi Bunyi**

Bunyi akan ditransmisikan jika elemen bidang batas ruangan mampu meneruskan atau mentransmisikan bunyi dari sebuah ruangan ke ruangan lain disebelah. Adanya celah pada bidang pembatas, atau retak, atau adanya cacat material pada bidang pembatas akan membuat bunyi dapat ditransmisikan. Hal lain yang menyebabkan transmisi bunyi dapat terjadi karena bidang batas cukup ringan, tipis, dan tidak dipasang permanen.

## 2.2 Parameter Akustik Ruang

### 2.2.1 Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi

Sebagai ruang *conference* mempunyai tingkat kejelasan suara yang tinggi dalam ruang sangat diperlukan agar setiap pendengar pada semua posisi menerima tingkat tekanan bunyi yang sama. Suara yang berasal dari pembicara atau musik diupayakan merata penyebarannya dalam ruangan, agar para pendengar yang berada pada posisi yang berbeda-beda memiliki penangkapan yang sama akan informasi yang diberikan. Adapun syarat untuk mencapai tingkat tekanan bunyi yang merata yaitu ketika tingkat tekanan suara antara posisi terdekat dan jauh dari sumber tidak boleh lebih dari 6 dB (Satwiko,2009).

### 2.2.2 Waktu Dengung (*Reverberation Time-RT<sub>60</sub>*)

Akibat adanya peristiwa seperti gambar 2.1, berakibat pada lamanya bunyi untuk hidup dan terdengar didalam ruangan atau sering disebut sebagai waktu dengung. Waktu dengung merupakan salah satu faktor penentu kualitas akustik ruang yang paling sering diperhitungkan.  $RT_{60}$  adalah lama waktu yang dibutuhkan ruang untuk mengurangi energi bunyi sebanyak 60 dB. Waktu dengung terlalu pendek akan menyebabkan ruangan ‘mati’, sebaliknya waktu dengung yang panjang akan memberikan suasana ‘hidup’ pada ruangan (Satwiko,2009).

Waktu dengung ruang dapat dihitung dengan melihat fungsi akustik ruang dan volume ruangnya. Waktu dengung ruang juga dapat diprediksi dengan menggunakan formula Sabine (Marshall,2006).

$$RT_{60} = \frac{0,161 V}{S\alpha} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan :

$RT_{60}$  : Waktu Dengung (s)

V : Volume Ruangan ( $m^3$ )

S : Luasan area permukaan ruangan ( $m^2$ )

$\alpha$  : Rata-rata koefisien serap ruangan

$S\alpha$  : Total penyerapan ruang dalam “Sabine”

### 2.2.3 Bising Latar Belakang (*Baground Noise*)

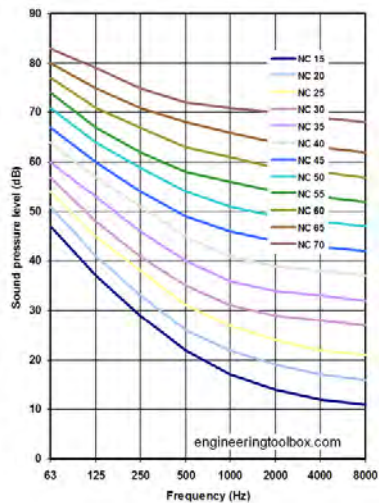
Bunyi yang berasal dari luar maupun dalam ruangan yang muncul secara tetap dan stabil pada tingkat tertentu tanpa adanya sumber *noise* yang muncul secara menonjol disebut dengan bising latar belakang (*baground noise*). Pengukuran terhadap bising latar belakang terlebih dahulu dilakukan untuk mengetahui NC (*Noise Criteria*) suatu ruangan untuk setiap frekuensi. Hasil pengukuran kemudian diplot pada kurva NC standar seperti pada Gambar 2.4 untuk ditentukan besar bilangan NC-nya.

Tingkat bising latar belakang maksimum yang diperbolehkan untuk berbagai jenis dan fungsi ruangan fungsi telah ditetapkan dalam bilangan NC berdasarkan keputusan kementerian tenaga kerja dan bisa dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini (Keputusan Menteri Tenaga Kerja, 1999).

**Tabel 2. 1** Bilangan NC untuk berbagai jenis ruangan

Fungsi Bangunan/Ruang	Nilai NC yang disarankan	Identik dengan tingkat kebisingan (dBA)
Ruang konser, opera, studio rekam, dan ruang lain dengan tingkat akustik sangat kecil	NC 15-NC 20	25 s.d 30
Rumah sakit, dan ruang tidur/istirahat pada rumah tinggal, apartemen, motel, hotel, dan ruang lain untuk tidur/istirahat	NC 20 – NC 30	30 s.d 40
Audiotorium multi fungsi, studio radio/televisi, ruang konferensi, dan ruang lain dengan tingkat akustik yang sangat baik	NC 20 – NC 30	30 s.d 40

Fungsi Bangunan/Ruang	Nilai NC yang disarankan	Identik dengan tingkat kebisingan (dBA)
Kantor, kelas, ruang baca, perpustakaan, dan ruang lain dengan tingkat akustik cukup	NC 30 – NC 35	40 s.d 45
Kantor dengan penggunaan ruang bersama, cafeteria, tempat olahraga, dan ruang lain dengan tingkat akustik cukup	NC 35 – NC 40	45 s.d 50
Lobi, koridor, ruang bengkel kerja, dan ruang lain yang tidak memerlukan tingkat akustik yang cermat	NC 40 – NC 45	50 s.d 55
Dapur, ruang cuci, garasi pabrik, pertokoan	NC 45 – NC 55	55 s.d 65



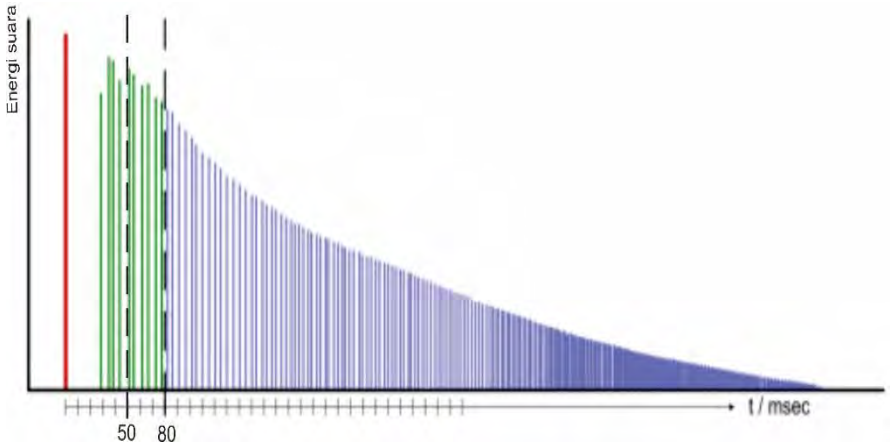
**Gambar 2. 3.** Kurva NC standar (Marshall, 2006)

Berdasarkan pada Gambar 2.3, bilangan NC dari suatu ruangan adalah nilai dari kurva NC tertinggi yang menyinggung titik hasil plot tingkat bising latar belakang. Dari gambar tersebut dapat dilihat toleransi cukup tinggi untuk frekuensi rendah. Hal ini dikarenakan pada awalnya NC dikembangkan unruk memperhitungkan pengaruh bising dari penyejuk udara (AC), dimana karakter bising dominan terletak pada frekuensi rendah (Marshall, 2006).

#### **2.2.4 Respon Impuls (*Impulse Reponse*)**

Salah satu unsur pembentuk medan suara dalam ruang tertutup adalah dengan metode pengukuran respon impuls. Metode ini pada prinsipnya adalah mendapatkan respon ruangan apabila suatu sinyal impuls dibunyikan didalamnya. Sumber suara yang dipakai untuk membangkitkan suatu sinyal impuls haruslah memiliki energi yang cukup disepanjang spektrum untuk meyakinkan bahwa gangguan suara ditinggikan levelnya di atas *noise* untuk memberikan akurasi yang dibutuhkan. Contoh dari sumber bunyi impuls adalah lecutan api listrik yang kuat, suara pistol, dan suara balon meletus. Untuk area yang lebih besar, meriam berukuran kecil bahkan digunakan sebagai sumber suara impuls.

Pengukuran respon ruangan didapatkan dengan membandingkan sinyal impuls yang telah berinteraksi dengan ruangan terhadap sinyal impuls masukan (konsep fungsi transfer). Gambaran interaksi antara sumber suara dengan permukaan dalam ruangan, yang dapat digambarkan dalam pola urutan waktu pemantulan energi suara pada suatu titik dalam ruangan serta pengurangan energi suara pada setiap waktu (Gambar 2.4).



**Gambar 2. 4.** Ilustrasi respon impuls dalam ruang dengan mengabaikan pemantulan

### 2.2.5 Early Decay Time (EDT)

EDT atau *Early Decay Time* yaitu perhitungan waktu dengung (RT) yang didasarkan pada pengaruh bunyi awal yaitu bunyi langsung dan pantulan-pantulan awal yaitu waktu yang diperlukan bunyi untuk meluruh sebesar 10 dB. Standar nilai EDT untuk ruang pembicaraan adalah 0,648–0,81 detik. Pengukuran EDT disarankan untuk menghitung parameter subjektif seperti *clarity*.

### 2.2.6 Clarity ( $C_{80}$ )

*Clarity*( $C_{80}$ ) atau kejernihan bunyi musik diukur dengan membandingkan antara energi suara yang termanfaatkan (yang datang sekitar 0.08 detik pertama setelah suara langsung) dengan suara pantulan yang datang setelahnya (ilustrasi Gambar 2.5), dengan mengacu pada asumsi bahwa suara yang ditangkap pendengar dalam menikmati suara musik adalah 80 ms dan suara yang datang sesudahnya dianggap suara yang merusak. Secara matematis dapat diukur dengan persamaan 2.3.

$$C_{80} = 10 \log \frac{\int_0^{80} p^2(t) dt}{\int_{80}^{\infty} p^2(t) dt} \dots \dots \dots (2.3)$$



dengan:

- $p(t)$  : adalah tekanan suara dari impuls respon pada titik pengukuran  
 $C_{80}$  : adalah kejernihan musik(dB)

$C_{80}$  merupakan rasio dalam dB antara energi yang diterima pada 80 ms pertama dari *signal* yang diterima dan energy yang diterima sesudahnya. Batas ini ditujukan untuk kejelasan pada musik. Nilai  $C_{80}$  adalah nilai parameter yang terukur lebih dari 80 ms, semakin tinggi nilai  $C_{80}$  maka suara akan semakin tidak bagus.

### 2.2.7 Definition ( $D_{50}$ )

*Definition* adalah kriteria dalam penentuan kejelasan pembicaraan dalam suatu ruangan dengan cara memanfaatkan konsep perbandingan energi yang termanfaatkan dengan energy bunyi total dalam ruangan.  $D_{50}$  merupakan rasio antara energi yang diterima pada 50 ms pertama dengan total energi yang diterima (ilustrasi Gambar 2.5). Durasi 50 ms disebut juga batas kejelasan percakapan (*speech*) yang dapat diterima. Semakin besar nilai  $D_{50}$  maka semakin baik pula tingkat kejelasan pembicaraan, karena semakin banyak energi suara yang termanfaatkan dalam waktu 50 ms. Intelligibilitas atau kejelasan yang baik didapatkan untuk harga  $D_{50} > 0\%$ . Secara sistematis dapat diukur dengan persamaan 2.4.

$$D_{50} = \frac{\int_0^{0,05} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan:

- $p(t)$  : adalah tekanan suara dari impuls respon pada titik pengukuran  
 $D_{50}$  : adalah kejelasan percakapan (%)

Adapun kategori penilaian bagi *speech intelligibility* berdasarkan  $D_{50}$  seperti pada tabel 2.2 (F.Alton,2009) :

**Tabel 2. 2** Kategori penilaian Speech Intelligibility berdasarkan D50.

D <sub>50</sub> (%)	<i>Speech Intelligibility SI (%)</i>	Kategori
0-20	0-60	Sangat buruk
20-30	60-80	Buruk
30-45	80-90	Cukup/sedang
45-70	90-97,5	Bagus
70-80	97,5-100	Sangat bagus

Menurut Ribeiro (2002), parameter objektif berupa respon impuls ruang yang meliputi waktu dengung (*Reverberation Time*), D<sub>50</sub> (*Definition*), C<sub>50</sub>, dan C<sub>80</sub> (*Clarity*) memiliki standar besaran optimum tertentu yang perlu diperhatikan, pada Tabel 2.3 (Sumber:Riberio,2002).

**Tabel 2. 3** Nilai optimum parameter akustik objektif.

<i>Parameter akustik</i>	Konferensi	Musik
<i>Waktu Dengung (RTmid,s)</i>	$0,85 < RT_{mid} < 1,30$	$1,30 < RT_{mid} < 1,83$
<i>Definition (D50,%)</i>	$\geq 65$	-
<i>Clarity (C50,C80, dB)</i>	$C_{50} > 6$	$-2 < C_{80} < 4$

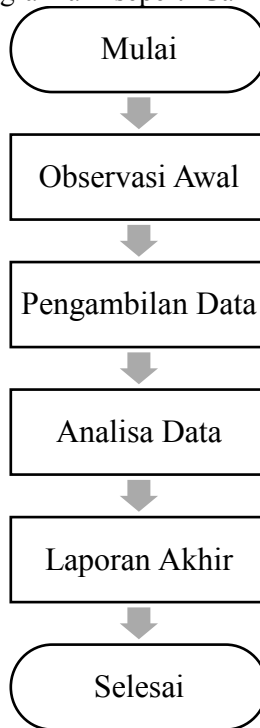
### **BAB III**

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi terhadap parameter-parameter akustik ruang. Parameter tersebut diantaranya bising latar belakang, distribusi tingkat tekanan suara, waktu dengung (*Revebration Time/RT*), dan kejelasan suara (*Clarity/C80* dan *Definition /D50*) dalam ruangan.

### **3.1 Diagram Alir Penelitian**

Pada pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini, tahapan-tahapan yang ada mengikuti diagram alir seperti Gambar 3.1.



**Gambar 3. 1.** Diagram alir pada penelitian

### 3.2 Tahap Observasi Awal

Pada tahap ini, dilakukan pengukuran dimensi ruang untuk mempermudah dalam menentukan titik pengukuran dan memprediksi sebaran parameter akustik yang dievaluasi. Mengetahui keadaan Ruang Sidang ketika digunakan sebagai ruang konferensi dan rapat. Pada tahap ini didapat dimensi Ruang Sidang meliputi:

- Volume ruang =  $421,18 \text{ m}^3$
- Luas permukaan =  $525,98 \text{ m}^2$
- Jumlah meja = 32 buah
- Jumlah kursi = 65 buah

Gambar 3.2 menunjukkan kondisi saat ini Ruang Sidang Fisika ITS dan Gambar 3.2 merupakan ilustrasi ruang pada setiap bagian.



(a)



(b)

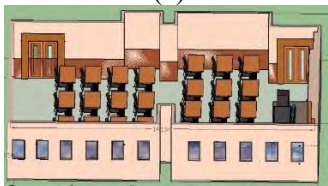
**Gambar 3. 2.** (a) dan (b) Kondisi fisik dari ruang sidang  
(sumber:pribadi)



(a)



(b)



(c)

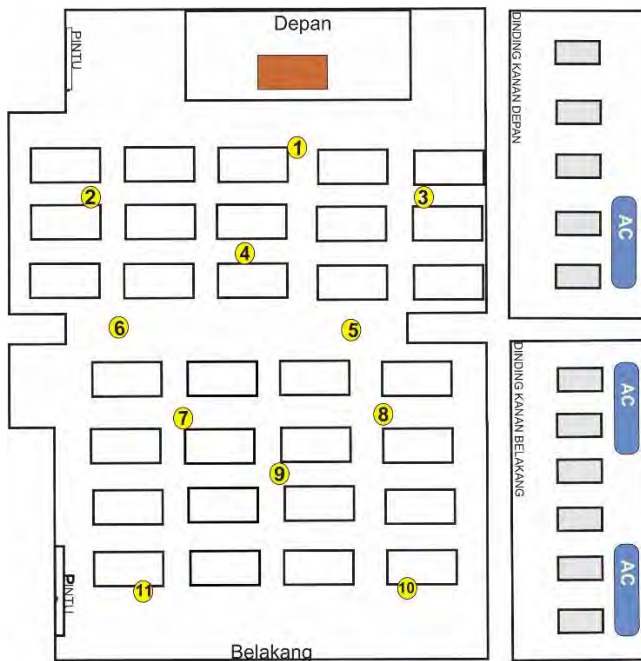


(d)

**Gambar 3. 3.** Tampak (a) atas, (b) belakang, (c) bagian atas kanan, dan (d) bagian kiri atas dari ilustrasi ruang sidang.

### 3.3 Tahap Pengambilan Data

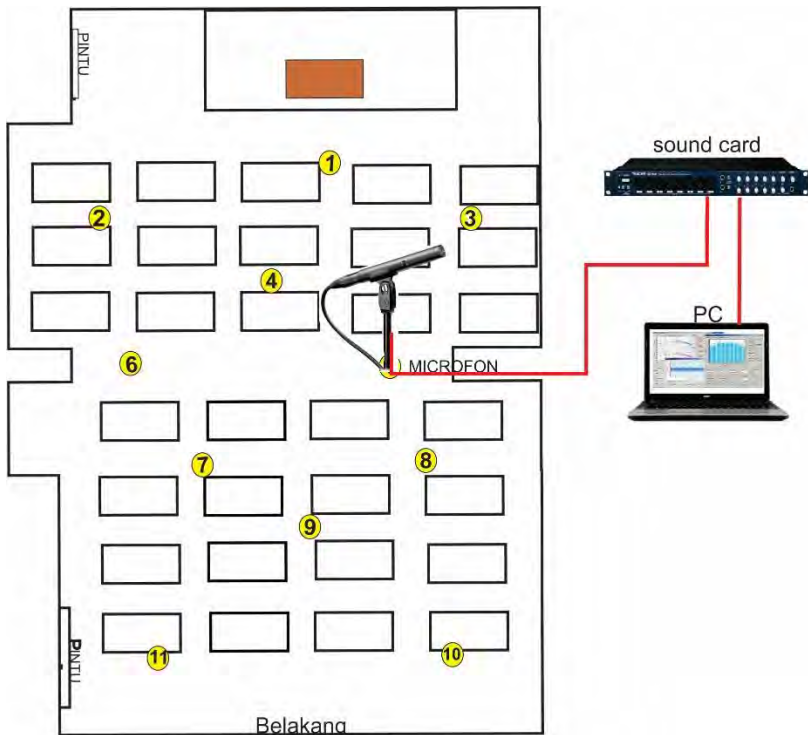
Ruang Sidang Fisika berada di lantai dua Jurusan Fisika ITS, biasanya ruangan ini berfungsi sebagai ruang pertemuan dan seminar, sehingga ruangan ini digolongkan kedalam ruang percakapan (*room speech/conference room*). Sehingga, frekuensi yang diamati sesuai dengan frekuensi percakapan dengan rentang 125 Hz-4000 Hz (ISO 3382-1). Pengukuran dilakukan saat kondisi ruangan tanpa pendengar (*unoccupied*) dan pada siang hari. Sesuai observasi awal titik pengukuran ditentukan sebanyak 11 titik, dengan 1 titik selalu berada di 1 meter didepan sumber suara yang berada dibagian depan (panggung) (ISO 3382-1). Posisi titik pengukuran minimal 1 m dari dinding agar menghindari dominasi komponen pantul, denah ilustrasi posisi titik pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3. 4.** Denah ilustrasi titik pengukuran

### 3.3.1 Bising Latar Belakang

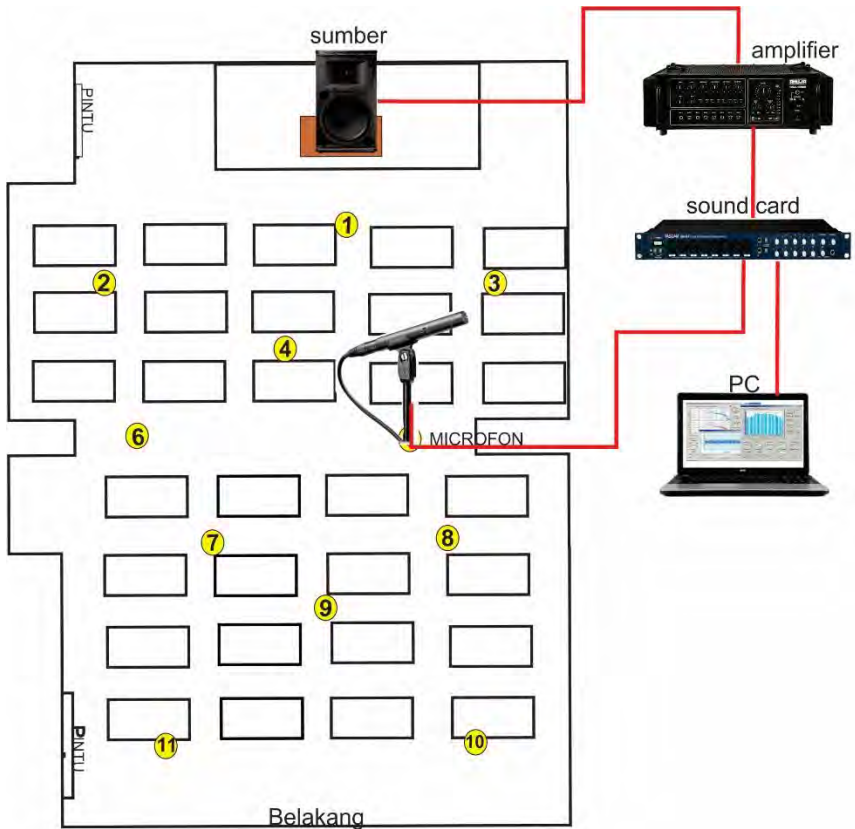
Pengukuran bising latar belakang berguna untuk mengetahui kondisi ketika tidak digunakan/tidak ada sumber. Pengukuran dilakukan saat peralatan mekanikal-mekanikal dalam ruang seperti AC, lampu, dll dinyalakan agar sesuai dengan ketika kondisi ruangan digunakan. Diukur SPL tanpa sumber suara di setiap titik-titik pengukuran dengan menggunakan mikrofon yang terhubung dengan *sound card* lalu terhubung dengan software YMEC (*Yoshimasa Electronic*) pada PC. Skema alat untuk pengukuran bising latar belakang pada Gambar 3.5.



**Gambar 3. 5.** Skema alat untuk pengukuran bising latar belakang.

### 3.3.2 Distribusi Tingkat Tekanan Suara

Pengukuran tingkat tekanan suara disebut juga distribusi SPL sumber suara. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui sebaran energi sumber suara dalam ruang. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan sumber suara berupa *white noise* yang berasal dari speaker dengan SPL 93,26 dBA yang ditangkap oleh mikrofon yang berada di setiap titik pengukuran,. Skema alat pada pengukuran distribusi SPL sumber suara pada Gambar 3.6.

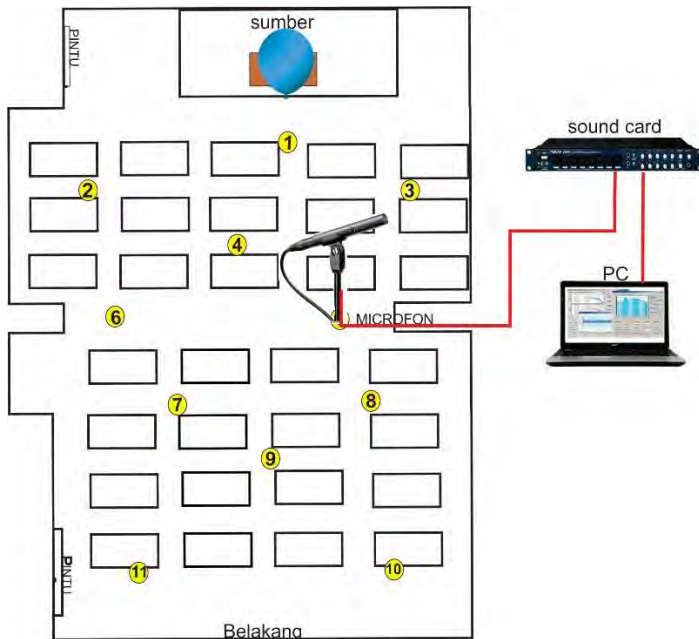


**Gambar 3. 6.** Skema alat untuk pengukuran sebaran SPL



### 3.3.3 Pengukuran Respon Impuls (*Impulse Response*)

Untuk mendapatkan beberapa parameter akustik dalam ruang seperti waktu dengung (*reverberation time*), C80, dan D50 metode pengukuran respon impuls menggunakan ISO 3882-1. Tinggi dari sumber suara harus 1,5 meter dari lantai. Sedangkan tinggi dari mikrofon harus 1,2 meter diatas lantai sesuai dengan tinggi telinga pendengar. Kemudian mikrofon diletakan pada titik-titik yang telah ditentukan. Lalu dibangkitkan respon impuls dalam ruang kemudian ditangkap oleh mikropn yang direkam menggunakan software *Adobe Audition*. Respon impuls dalam ruangan dibangkitkan menggunakan metode “*balloon burst*”, yaitu metode yang memanfaatkan letusan balon sebagai sumber suara. Sumber suara berada di atas panggung, yaitu sesuai dengan posisi pembicara berada. Skema alat untuk pengukuran respon impuls pada Gambar 3.7.



**Gambar 3. 7.** Skema alat untuk pengambilan respon impuls.

### **3.4 Tahap Analisa Data**

Dari data yang telah didapat akan dilakukan analisis data terhadap bising latar belakang ruang dan bagian ruang mana yang memiliki tingkat kebisingan yang besar. Kemudian menganalisa hasil pengukuran dari masing-masing parameter akustik yaitu distribusi tingkat tekanan suara, waktu dengung, C80, dan D50, dan menganalisa persebaran parameter tersebut dalam ruang sidang Fisika ITS.

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Seperti yang telah disampaikan pada Bab 2, terdapat beberapa parameter yang dapat menentukan kejelasan suara dalam ruangan, setelah dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter tersebut didapatkan hasil pengukuran yang akan dibahas di sub bab ini.

#### 4.1 Analisa Data

##### 4.1.1 Bising Latar Belakang (*Background Noise*)

Sebagai ruang untuk konferensi, posisi Ruang Sidang Fisika ITS berada dilantai dua berdampak pada sedikitnya bising latar belakang (*background noise*) yang dihasilkan oleh aktifitas orang yang berada disekitarnya. Pengukuran bising latar belakang dilakukan untuk menentukan nilai *Noise Criteria (NC)* ruangan. Dalam pengukuran ini sumber suara bising berasal dari peralatan mekanika maupun elektronik seperti pendingin udara (AC), lampu, dan bunyi yang berasal dari luar ruangan. Hasil pengukuran bising latar belakang kemudian di dapat bilangan NCnya. Tabel 4.1 adalah data bising latar belakang dan nilai NC dari dalam ruang disetiap titik ukur pengukuran.

**Tabel 4. 1** Data pengukuran bising latar belakang dan nilai NC.

Titik	Bising Latar Belakang (dBA)							NC
	All frek(Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1k (Hz)	2k (Hz)	4k (Hz)	
1	51,62	32,23	37,40	39,92	41,37	38,48	35,34	40,40
2	51,97	35,12	35,94	39,24	41,14	37,11	34,17	40,10
3	52,79	35,31	37,00	41,31	42,51	38,65	36,75	41,50
4	52,54	33,07	36,11	39,54	42,21	39,13	37,36	41,20
5	52,98	34,34	38,32	40,43	43,44	38,76	33,76	42,40

Titik	All frek (Hz)	125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1k (Hz)	2k (Hz)	4k (Hz)	NC
6	52,03	31,23	35,80	39,56	42,58	37,76	34,45	41,60
7	53,82	33,66	38,61	40,91	44,89	38,77	33,84	43,90
8	55,55	34,63	38,30	42,73	46,39	40,93	33,28	45,40
9	53,97	31,72	37,11	40,99	44,52	40,11	34,62	43,50
10	53,78	36,10	37,61	42,02	43,55	38,74	32,94	42,60
11	52,31	33,64	35,45	40,69	42,93	38,44	33,38	41,90

#### 4.1.2 Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi

Salah satu kriteria akustik yang baik untuk suatu ruangan adalah meratanya distribusi TTB suara dalam ruangan tersebut. Tabel 4.2 adalah data distribusi tingkat tekanan suara di Ruang Sidang Fisika ITS dengan sumber suara dipanggung:

**Tabel 4. 2** Hasil pengukuran distribusi tingkat tekanan suara.

Titik	Tingkat Tekanan Suara (dBA)						
	All-Frek (Hz)	63 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1k (Hz)	2k (Hz)	4k (Hz)
1	93,26	46,17	61,00	69,22	74,91	84,35	84,09
2	77,19	35,14	51,45	59,53	64,32	68,61	68,09
3	77,44	34,60	51,51	60,05	64,88	68,70	68,00
4	84,67	39,48	55,57	62,45	68,32	74,91	74,92
5	80,03	38,50	53,51	60,48	64,82	71,92	70,86
6	77,72	36,62	53,11	59,18	62,66	69,16	68,04
7	78,95	41,37	49,63	59,65	62,61	71,09	70,09
8	79,23	37,16	49,18	58,54	64,06	71,66	70,10
9	81,39	36,53	51,50	60,03	64,89	72,64	74,53
10	79,12	32,20	51,67	59,86	64,46	69,18	71,15
11	78,74	26,92	52,09	59,02	64,31	70,13	68,86

### 4.1.3 Impluse Respon

Seperti yang telah disampaikan pada sub bab 2.2, beberapa parameter objektif ruang dapat diperoleh melalui respon impuls berupa RT (*Reverbration Time*),  $C_{80}$ , dan  $D_{50}$ . Tabel 4.3 menunjukkan nilai parameter objektif yang diperoleh melalui pengukuran respon implus dari ruang sidang Fisika.

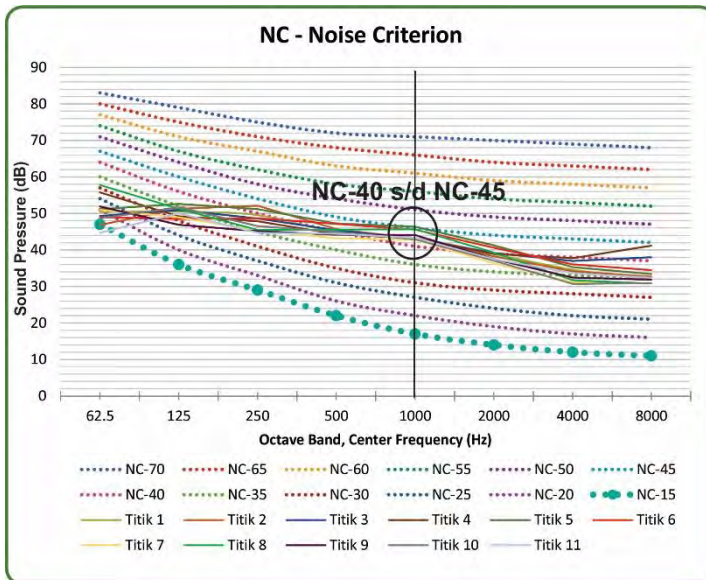
**Tabel 4. 3** Hasil pengukuran Respon impuls pada Frekuensi 1000 Hz.

Titik	Parameter		
	RT(s)	$C_{80}$ (dB)	$D_{50}$ (%)
1	0,78	6,08	66,64
2	0,90	5,11	63,56
3	0,82	4,20	59,93
4	0,85	2,91	46,50
5	0,86	1,68	44,00
6	1,00	4,70	64,01
7	1,03	2,72	48,13
8	1,04	1,68	48,21
9	0,97	2,22	52,20
10	0,94	1,93	39,18
11	1,18	0,80	39,20
Rata2	0,98	3,28	51,96

## 4.2 Pembahasan

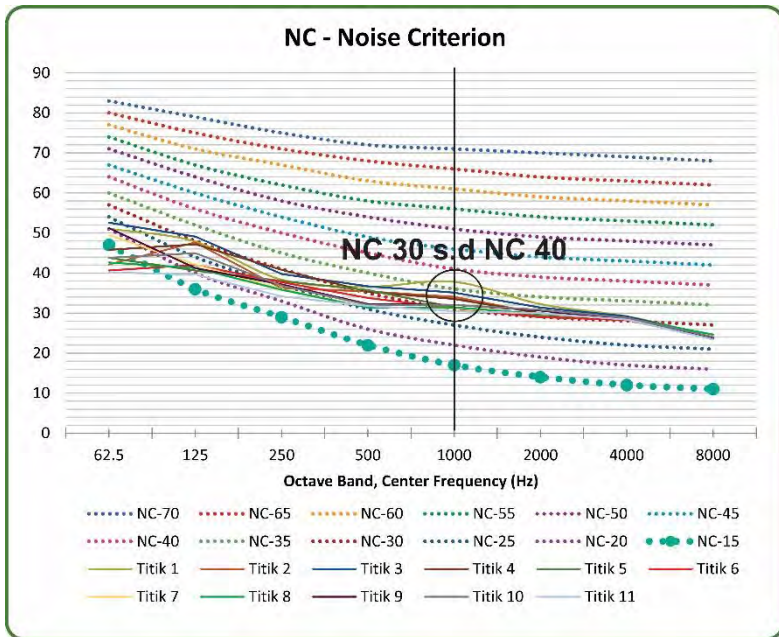
### 4.2.1 Bising Latar Belakang

Pada pengukuran bising latar belakang didapat SPL pada tiap titik pengukuran tanpa adanya sumber utama, pengukuran dilakukan sama dengan ketika keadaan ruangan digunakan. Hasil pengukuran bising latar belakang kemudian diplot pada kurva bilangan NC pada Gambar 4.1.



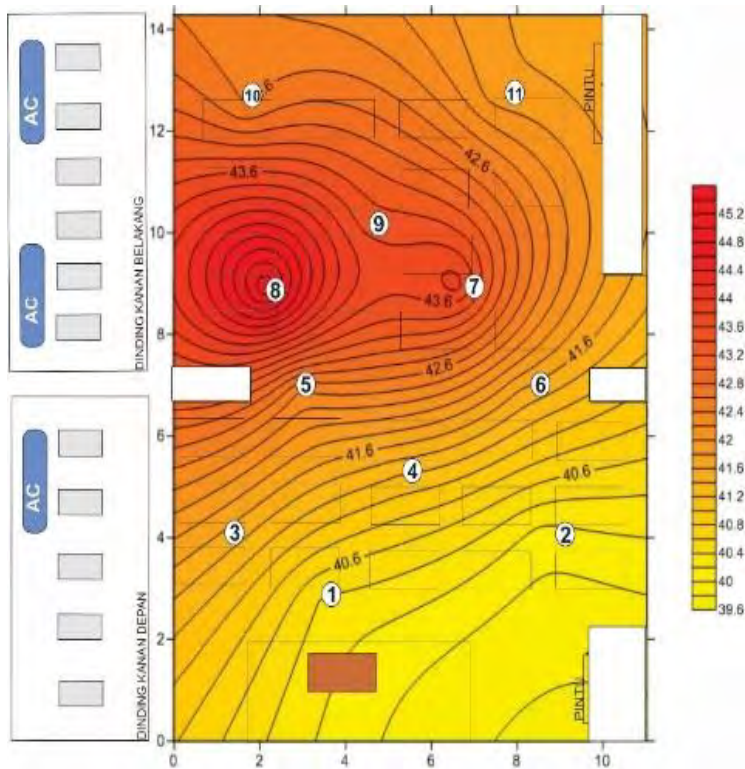
**Gambar 4. 1** Grafik NC Ruang Sidang Fisika ITS (AC dinyalakan)

Berdasarkan Gambar 4, bilangan NC pada ruang sidang Fisika sebesar 40 s.d 45. Sementara pada Tabel 2.1 dapat dilihat bahwa tingkat bising latar belakang maksimum untuk fungsi ruang kelas dan seminar bilangan NC yang disyaratkan sebesar 20 s.d 30. Ini berarti hasil yang didapatkan ketika pengukuran lebih tinggi dari pada bilangan NC yang direkomendasikan untuk ruangan sesuai dengan fungsinya. Nilai NC yang lebih tinggi ini dapat berasal dari AC yang dinyalakan ataupun peralatan-peralatan elektronik yang ada di ruang sidang. Sehingga dilakukan pengukuran bising latar belakang tanpa AC dinyalakan dan didapat garfik NC seperti Gambar 4.2



**Gambar 4. 2** Grafik NC Ruang Sidang Fisika ITS tanpa AC.

Pada Gambar 4.2 ditunjukkan bahwa nilai NC ketika AC dimatikan sebesar 30 s.d 40. Hal ini dapat disimpulkan bahwa bunyi AC pada ruangan cukup bising. Besarnya nilai bising dalam ruangan dapat diilustrasikan dalam sebuah pemetaan nilai NC seperti terlihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4. 3** Pesebaran Bilangan NC di Ruang Sidang Fisika ITS

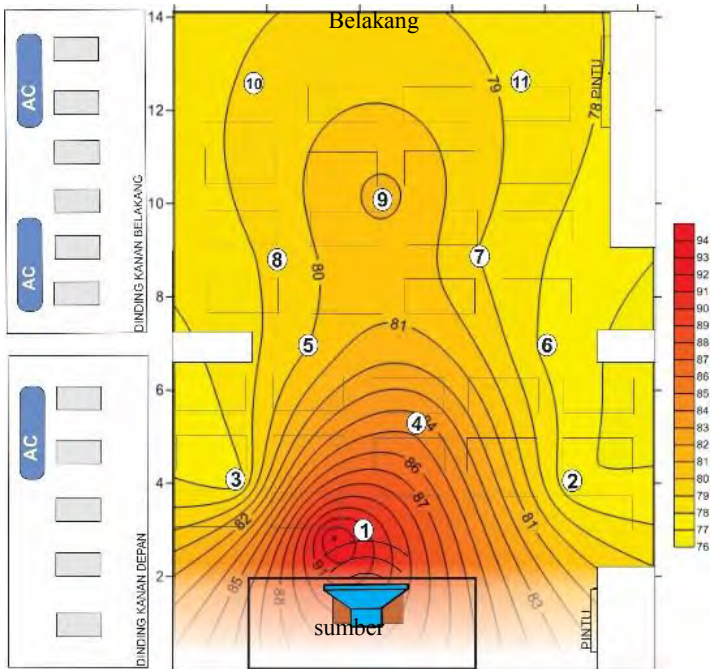
Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa kontur dengan warna gelap yang menunjukkan bilangan NC yang sangat tinggi berada pada titik ukur 8, ini menunjukkan pada titik tersebut nilai SPL yang tinggi, hal ini terjadi karena titik 8 berada dekat sekali dengan mesin pendingin (AC). Selain titik 8, pengukuran disekitar titik 8 juga mendapatkan efek dari AC yang menyala tersebut sehingga membuat bising latar belakangnya lebih tinggi dari pada titik pengukuran yang jauh dari AC, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.1. Bilang NC terendah terdapat pada titik ukur 2 yaitu sebesar NC 40,10. Titik ukur 2 berada dekat dengan pintu dan jauh dari AC, meskipun berada didekat pintu tingkat kebisingannya kecil,



ini berarti bising dari luar tidak lebih besar dari bising yang berasal dari dalam ruangan.

#### **4.2.2 Distribusi tingkat tekanan suara**

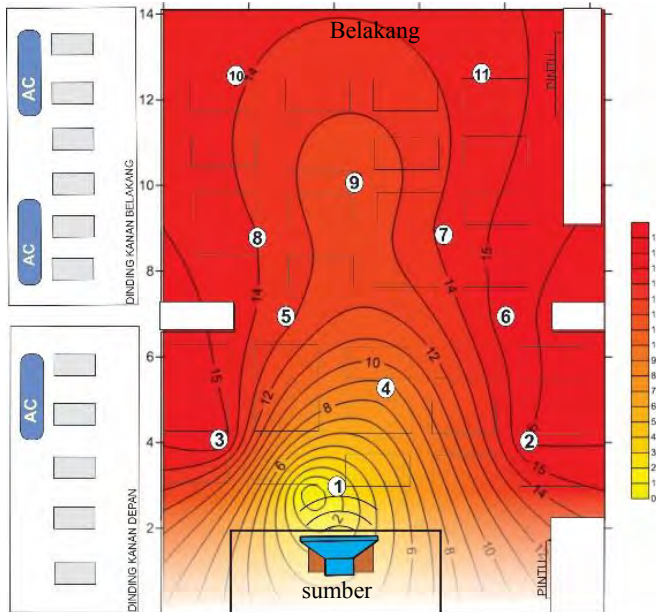
Pengukuran persebaran distribusi tingkat tekanan suara di Ruang Sidang Fisika ITS dilakukan ketika ruangan tanpa audience (*unoccupied*), menggunakan sumber (speaker) yang berada di panggung (bagian depan) karena pengukuran dilakukan sesuai dengan keadaan ketika digunakan. Suara white noise dari speaker diatur hingga bunyinya menghasilkan selisih  $>10$  dBA dari bising latar belakang yang terukur. Hasil pengukuran dapat dilihat di Tabel 4.2. Pada titik ukur 1 yang sangat dekat dengan speaker terukur SPL sebesar 93,26 dBA di frekuensi *overall* (All-frek), untuk titik yang terjauh yaitu titik 11 dan titik 10 masing-masing terukur sebesar 79,12 dBA dan 78,74 dBA dengan melihat frekuensi yang sama. Dari perbandingan pengukuran titik terjauh dan terdekat didapatkan perbedaan SPL sebesar 14,33 dBA. Jenis dan sifat material yang ada dalam ruang menyebabkan pantulan suara yang dapat berakibat pada sebaran suara serta penyerapan suara yang tidak merata dalam ruangan. Persebaran SPL dalam ruangan terlihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4. 4** Distribusi tingkat tekanan suara di frekuensi *overall*.

Berdasarkan nilai sebaran seperti tampak pada Gambar 4.4, maka ketika diasumsikan suara manusia menghasilkan energi suara sebesar 70 dBA, dengan kondisi bising latar belakang 53 dBA berdampak pada suara pembicara tidak akan terdengar dengan jelas hingga ke bagian paling jauh dari sumber karena pada titik terjauh, energi suara yang diterima sekitar 55,67 dBA. Dengan kata lain bahwa perbedaan SPL yang terjadi antara posisi terdekat dan terjauh dari sumber adalah 14,33 dB. Ini akan menyebabkan suara yang diterima pendengar akan tenggelam oleh suara bising latar belakang. Maka dari itu ruang sidang memerlukan bantuan dari penguat suara atau *loudspeaker* agar suara yang dihasilkan terdengar hingga titik terjauh dari sumber suara. Gambar 4.5

menunjukkan pengurangan (atenuasi/  $\Delta$  SPL) SPL terukur dari ruang sidang ketika sumber suara berada didepan/panggung.



**Gambar 4.5** Pengurangan SPL ( $\Delta$  SPL) dari yang paling dekat dengan sumber dan paling jauh.

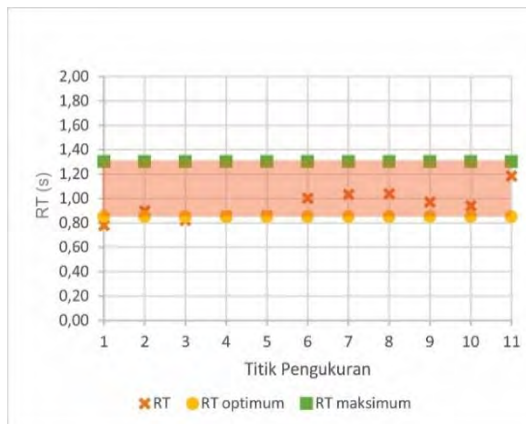
Berdasarkan Gambar 4.5, terlihat pengurangan SPL ( $\Delta$  SPL) dari titik pengukuran terjauh dan terdekat dari sumber sebesar 14 dBA, nilai ini melebihi standar yang diisyaratkan yaitu 6 dBA. Sehingga pendengar akan merasa tidak nyaman jika berada dalam ruang. Pengurangan SPL yang signifikan dan tidak merata ini disebabkan oleh bentuk ruangan yang tidak simetri, banyaknya sekat-sekat dalam ruangan dan material penyusun interior ruangan.

#### 4.2.3 Waktu dengung (RT)

Suara dalam ruang akan merambat, namun ketika suara mengenai suatu permukaan yang bersifat reflektif maka bunyi akan

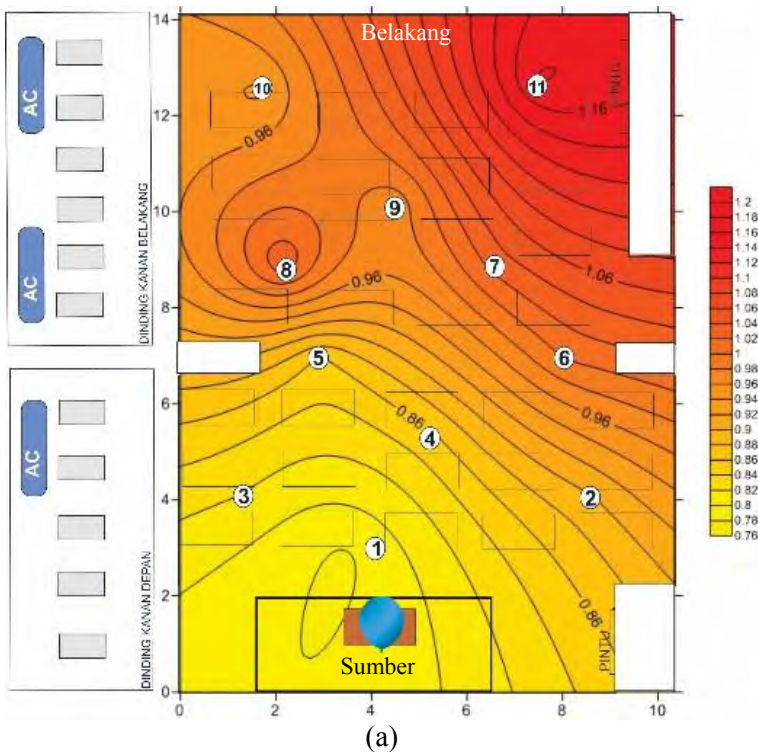
dipantulkan. Terjadinya pantulan akan mempengaruhi lamanya suara berada dalam ruang atau yang disebut waktu dengung. Waktu dengung (*Revebration Time*) seperti yang disampaikan pada sub Bab 2.2.1 merupakan lama waktu yang dibutuhkan energi suara sebesar 60 dB bertahan dalam ruangan hingga suara itu tidak terdengar lagi. Dalam pengukuran dengan menggunakan metode respon impulsini, sumber bunyi tidak dapat meluruh sebesar 60 dB karena rata-rata bising latar belakang sebesar saja sudah 53 dB dan sumber suara (balon) sebesar 98 dB, maka ketika suara meluruh sebesar 45 dB saja sudah tenggelam dalam bising latar belakang. Sehingga waktu dengung didekati dengan peluruhan 10 dB.

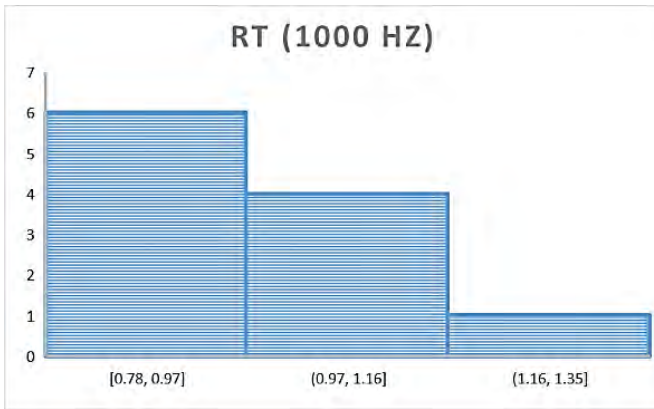
Ruang sidang sebagai *conference room* yang berfungsi sebagai ruang percakapan mempunyai batas waktu dengung, agar informasi yang diterima oleh pendengar sama dengan informasi yang diberikan pembicara. Nilai RT yang direkomendasikan untuk ruang konferensi oleh Tabel 2.3 adalah sebesar  $0,85 < RT_{mid} \leq 1,30$ . Sementara hasil pengukuran RT pada Tabel 4.3 pada rentang 0,78 s – 1,18 s di frekuensi 1000 Hz. Gambar 4.6 merupakan gambar hubungan RT pengukuran dengan RT yang direkomendasikan untuk *conference room*



**Gambar 4. 6** Hubungan RT terukur terhadap RT rekomendasi.

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat hampir semua titik berada dalam rentang nilai RT yang direkomendasikan untuk ruang konferensi. Hanya titik 1 yang berada dibawah nilai yang direkomendasikan dengan nilai RT 0,78 s, ini terjadi karena titik 1 berada dekat dengan sumber, sehingga suara yang diterima didominasi suara langsung dari sumber. Dapat dilihat juga pada Gambar 4.5 (a) posisi titik 1 dalam ruangan. Gambar 4.7 merupakan gambar pemetaan dan persebaran RT dalam ruang.





(b)

**Gambar 4. 7** (a) Pemetaan RT terukur dan (b) persebaran RT didalam Ruang Sidang Fisika ITS

Pada Gambar 4.7 dilihat bahwa RT dalam ruang didominasi pada rentang nilai 0,78 s – 0,97s dengan rata-rata  $0,98 \text{ s} \pm 0,19$ , sehingga nilai RT dalam ruang sidang Fisika sudah memenuhi nilai yang direkomendasikan sesuai dengan fungsi ruang untuk ruang konferensi.

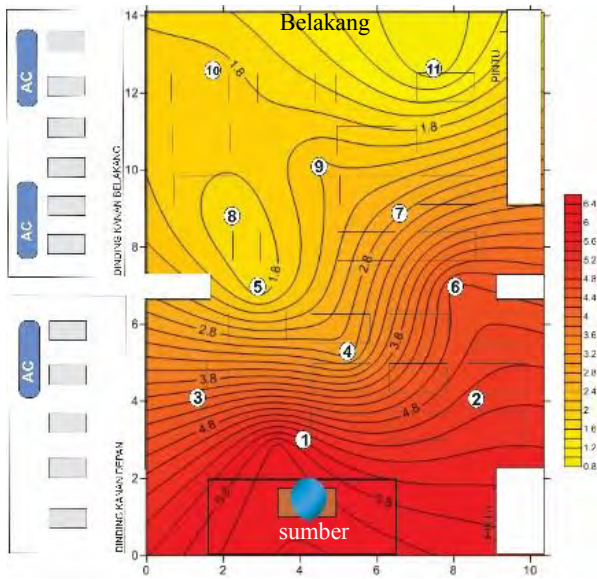
#### 4.2.4 *Clarity/C80*

Ketika ruangan digunakan untuk musik, berarti suara berasal dari alat musik. Parameter akustik yang menunjukkan kerjenihan suara musik dalam ruangan tersebut menjadi sangat penting untuk dievaluasi. Parameter  $C_{80}$  merupakan parameter yang dapat digunakan untuk menunjukkannya. Nilai  $C_{80}$  didapat dengan membandingkan jumlah energi suara pada 80 ms awal terhadap jumlah energi suara yang datang setelahnya hingga suara tersebut menghilang. Nilai 80 ms ini didapat dari rata-rata waktu suara langsung alat musik. Menurut hasil pengukuran nilai disemua titik pengukuran berada direntang 0,55-6,25 dB. Nilai  $C_{80}$  yang direkomendasikan Tabel 2.3 berada diantara -2 dB s.d 4 dB. Gambar 4.8 menunjukkan gambar hubungan  $C_{80}$  pada tiap titik pengukuran dengan RT yang direkomendasikan.

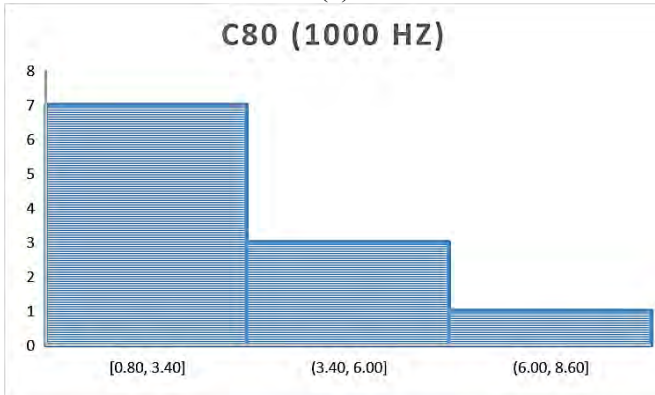


**Gambar 4. 8** Hubungan  $C_{80}$  terukur terhadap  $C_{80}$  rekomendasi.

Jika dilihat pada Gambar 4.8, titik 1, 2 dan 6 nilainya berada diatas rentang nilai yang direkomendasikan. Pada titik 1 dan 2 bernilai diatas nilai optimum dikarenakan titik-titik tersebut berada paling dekat dengan sumber, sehingga energi bunyi yang didapat lebih besar dari daerah pengukuran yang jauh dari sumber. Pada titik 6, jika dilihat dari Gambar 4.8 memiliki nilai yang sangat berbeda dari daerah pengukuran lain yang berada didekatnya, dikarenakan titik 6 berada sangat dekat dengan dinding, kemudian juga material yang berada didekat titik pengukuran dapat mempengaruhi energi yang diterimanya. Gambar 4.9 merupakan gambar pemetaan dan persebaran  $C_{80}$  dalam ruang.



(a)



(b)

**Gambar 4. 9** (a) Pemetaan  $C_{80}$  terukur dan (b) persebaran  $C_{80}$  didalam Ruang Sidang Fisika ITS

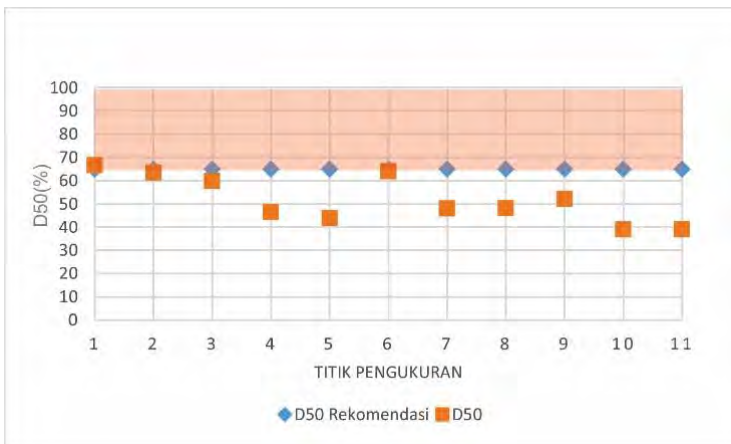
Menurut Gambar 4.9 nilai  $C_{80}$  didominasi dalam rentang 0,80-3,40 dB dengan rata-rata nilai  $C_{80}$  sebesar 3,28 dB  $\pm$  2,6. Nilai



ini berada dalam rentang nilai yang direkomendasikan, sehingga dapat disimpulkan nilai  $C_{80}$  dalam Ruang Sidang Fisika ITS memenuhi kriteria ruang sebagai fungsi ruang musik.

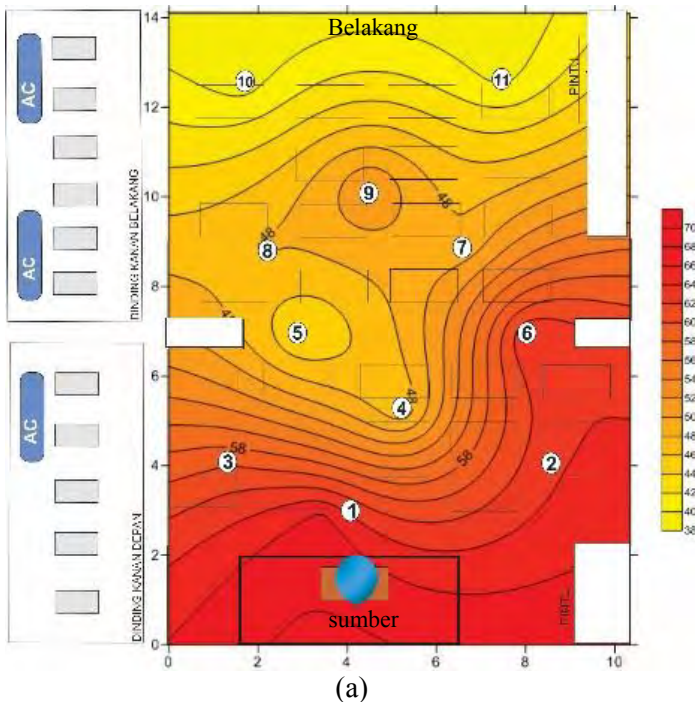
#### 4.2.5 Definition/ $D_{50}$

Sebagai ruang untuk ruang konferensi dan ruang rapat, maka ruang sidang harus memiliki kejelasan pembicaraan dalam ruangan. Parameter  $D_{50}$  merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menunjukan kejelasan pembicaraan dtersebut. Nilai  $D_{50}$  didapat dari perbandingan energi suara yang diterima pada 50 ms pertama dengan total energi suara yang diterima ruangan. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai  $D_{50}$  pada ruang disetiap titik pengukuran berada direntang 39,18 % - 66,64 % di frekuensi 1000 Hz. Sementara menurut Tabel 2.3 nilai optimum  $D_{50}$  yang direkomendasikan untuk ruang konferensi sebesar  $\geq 65$  %. Gambar 4.10 menunjukkan grafik hubungan antara hasil pengukuran ditiap titik pengukuran dan nilai yang direkomendasikan  $D_{50}$  dalam ruangan.

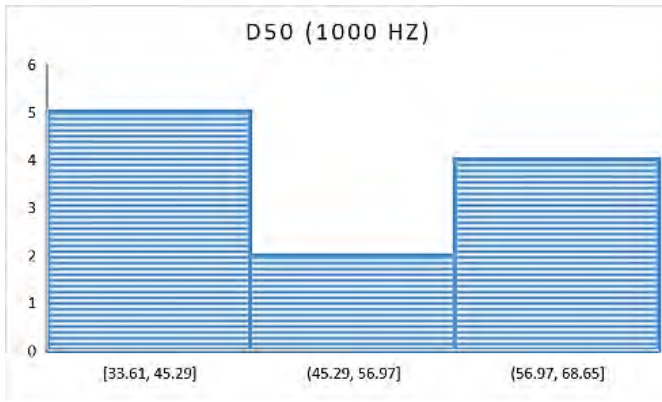


**Gambar 4. 10** Hubungan  $D_{50}$  terukur terhadap  $D_{50}$  rekomendasi.

Berdasarkan Gambar 4.10, hanya titik 1, 2, dan yang berada hampir mendekati rentang nilai yang direkomendasikan. Posisi titik 1 dan 2 ini berada sangat dekat dengan sumber sehingga kejelasan suara dititik tersebut lebih jelas. Ini berarti bahwa pada ke-dua titik ini (1 dan 2) memiliki energi pantul yang relatif sedikit dibandingkan dengan titik yang lainnya. Hal yang sama juga terjadi pada titik 6. Di titik 6, nilai  $D_{50}$  yang tinggi karena material disekitar titik 6 bekerja dengan baik sebagai pemantul sehingga titik 6 bukan hanya mendapatkan energi suara langsung dari depan namun juga dari bunyi pantul. Bunyi yang berasal dari pantulan tersebut datang bersamaan dengan bunyi langsung, sehingga bunyi tersebut bersifat menguatkan bunyi langsung dan membuat nilai  $D_{50}$  pada titik 6 tinggi. Gambar 4.11 merupakan gambar pemetaan dan persebaran  $D_{50}$  dalam ruang.



(a)



(b)

**Gambar 4. 11** (a) Pemetaan  $D_{50}$  terukur dan (b) persebaran  $D_{50}$  didalam Ruang Sidang Fisika ITS.

Berdasarkan Gambar 4.11 persebara  $D_{50}$  didominasi oleh rentang nilai  $D_{50}$  sebesar 33,61% - 45,29 % dan didapat rata-rata  $D_{50}$  sebesar  $50,07\% \pm 11,68$ . Nilai  $D_{50}$  yang didapat ini masih berada dibawah dinilai yang direkomendasikan untuk ruang sebagai fungsi ruang konferensi.

Hasil pengukuran  $D_{50}$  bisa digunakan untuk menilai kejelasan pembicaraan (*speech intelligibility*), menurut Tabel 2.2 nilai  $D_{50}$  sebesar 50,07% ketika dikonfersikan ke nilai Speech Intelligibility SI menjadi bernilai 90-97%, nilai ini berada dikategori kejelasan suara yang bagus. Perlu diusahakan perbaikan  $D_{50}$  untuk meningkatkan *speech intelligibility* menjadi  $>97,5\%$  (sangat bagus).

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis terhadap parameter akustik dari Ruang Sidang Fisika ITS dapat diambil kesimpulan:

1. Tingkat kebisingan dari ruang bernilai NC 40 s.d NC 45. Nilai ini berada diatas tingkat kebisingan yang direkomendasikan untuk fungsi ruang sebagai ruang konferensi dan rapat .
2. Perbedaan SPL belum merata terbukti dari perbedaan titik paling jauh mempunyai perbedaan 14 dBA dengan yang paling dekat dengan sumber, sehingga pendengar yang berada paling belakang kurang mendapatkan informasi dari sumber suara dengan jelas.
3. Nilai parameter yang berkaitan dengan kejelasan suara dalam ruang berturut-turut di frekuensi 1000 adalah waktu dengung  $R_{rata-rata}$  sebesar  $0.98 \pm 0.19$  s, kejernihan suara music C80 rata-rata sebesar  $3.28 \text{ dB} \pm 2.6$ , kejelasan suara (D50) rata-rata sebesar  $50.07\% \pm 11.68$ . Sehingga dapat disimpulkan Ruang Sidang Fisika ITS lebih mengarah sebagai fungsi ruang musik karena hanya parameter C80 yang nilainya memenuhi nilai yang direkomendasikan, akan tetapi distribusi SPL yang cukup tidak merata mejadikan informasi kejelasan suara menjadi kurang. Sehingga perlu adanya penambahan sistem penguat elektronik atau penambahan reflektor pada ruang.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya

1. Perlu dilakukan simulasi ruang dengan menggunakan software akustik yang ada agar dapat membandingkan hasil pengukuran dan simulasi.

2. Penelitian tentang pengaruh letak speaker dalam ruangan agar suara yang didengar oleh pendengar yang berada jauh dari sumber suara sama dengan pendengar yang berada dekat dari sumber suara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Civil, Faculdade de Engenharia de Universidade do Porto. Portugal
- Doelle, Leslie L, 1972, *Environmental Acoustic*. New York: Mc Graw-Hill.
- Everest, F. Alton. and Pohlmann, Ken C. 2009. “*Master Handbook of Acoustics 5th edition*”. USA: Mc Graw-Hill, Inc.
- Farianto, Fariz. 2011. *Hubungan Antara Speech Intelligibility Suara Wanita Dan Tingkat Tekanan Bunyi Background Noise*. Surabaya: ITS.
- Hall: *A Case Study*, Centro de Estudos do Departamento de Engenharia.
- IEC 60268-16. Sound system equipment – Part 16: objective rating of speech intelligibility by speech transmission index, 4th ed. Switzerland: IEC; 2011.
- ISO 3382 :2009. Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 1: Performance Spaces
- Kurtruff, Heinrich, (2001), *Room Acoustics*, Taylor & Francis e-Library, Spon Press, London
- Long, Marshall. 2006. “*Architectural Acoustics*”. San Diego, California: Elsevier Academic Press.
- Mediastika, E. Christina. 2005. *Akustika Bangunan*. Indonesia: Erlangga
- Meyer Sound Laboratories, 2003, *Speech Intelligibility Papers*, Meyer Sound Laboratories.
- Ribeiro, M.R.S. 2002. *Room Acoustic Quality of A Multipurpose*
- Sabine, W.C. 1993. *Design for Good Acoustics. Collected Papers on Acoustics*, Trade Cloth ISBN 0-9321 Peninsula Publishing, Los Altos, U.S.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## LAMPIRAN I

Tabel A.1 Data hasil pengukuran bising latar belakang didalam Ruang Sidang untuk 1 pita oktaf di setiap titik pengukuran

Titik	Frekuensi (Hz)									NC
	All frek	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
1	51,62 ±0,52	24,15 ±2,47	32,23 ±0,75	37,40 ±0,50	39,92 ±0,47	41,37 ±0,46	38,48 ±0,55	35,34 ±1,66	30,21 ±0,70	40.40
2	51,97 ±0,29	18,49 ±1,49	35,12 ±1,93	35,94 ±1,49	39,24 ±0,98	41,14 ±0,59	37,11 ±0,59	34,17 ±2,17	30,54 ±0,75	40.10
3	52,79 ±0,69	22,76 ±2,53	35,31 ±1,43	37,00 ±1,59	41,31 ±1,16	42,51 ±0,39	38,65 ±1,17	36,75 ±3,26	32,52 ±3,52	41.50
4	52,54 ±1,31	27,15 ±2,45	33,07 ±1,53	36,11 ±1,41	39,54 ±1,02	42,21 ±0,59	39,13 ±1,43	37,36 ±3,72	34,65 ±4,76	41.20
5	52,98 ±0,47	26,33 ±1,58	34,34 ±1,27	38,32 ±0,94	40,43 ±1,65	43,44 ±0,56	38,76 ±0,92	33,76 ±1,75	30,17 ±0,66	42.40
6	52,03 ±0,46	22,84 ±1,43	31,23 ±1,23	35,80 ±1,01	39,56 ±1,11	42,58 ±0,83	37,76 ±0,85	34,45 ±2,22	30,54 ±1,05	41.60
7	53,82 ±1,53	25,29 ±1,08	33,66 ±1,70	38,61 ±1,77	40,91 ±1,73	44,89 ±2,59	38,77 ±1,13	33,18 ±1,05	31,01 ±1,10	43.90

Titik	Frekuensi (Hz)									NC
	All frek	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
8	55,55 ±1,19	30,42 ±4,83	34,63 ±1,78	38,30 ±2,12	42,73 ±1,57	46,39 ±1,63	40,93 ±0,58	33,28 ±0,77	30,35 ±0,73	45.40
9	53,97 ±0,75	25,53 ±1,24	31,72 ±1,01	37,11 ±1,00	40,99 ±1,40	44,52 ±0,54	40,11 ±0,80	34,62 ±1,02	30,68 ±0,77	43.50
10	53,78 ±0,49	23,56 ±1,78	36,10 ±1,02	37,61 ±1,29	42,02 ±0,86	43,55 ±0,63	38,74 ±1,15	32,94 ±0,92	29,96 ±0,37	42.60
11	52,31 ±0,17	19,41 ±2,16	33,64 ±1,32	35,45 ±0,77	40,69 ±0,60	42,93 ±0,65	38,44 ±0,66	33,38 ±0,43	30,00 ±0,35	41.90

Tabel A.2 Data hasil pengukuran distribusi tingkat tekanan suara di dalam Ruang Sidang untuk 1 pita oktaf di semua titik pengukuran.

Titik	Frekuensi									$\Delta$ SPL
	All-Frek	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
1	93,26	46,17	53,20	61,00	69,22	74,91	84,35	84,09	69,43	0,00
2	77,19	35,14	46,82	51,45	59,53	64,32	68,61	68,09	55,30	16,07
3	77,44	34,60	45,69	51,51	60,05	64,88	68,70	68,00	55,10	15,82

4	84,67	39,48	48,14	55,57	62,45	68,32	74,91	74,92	64,35	8,59
5	80,03	38,50	46,97	53,51	60,48	64,82	71,92	70,86	57,49	13,23
6	77,72	36,62	45,27	53,11	59,18	62,66	69,16	68,04	56,36	15,54
7	78,95	41,37	42,58	49,63	59,65	62,61	71,09	70,09	57,15	14,31
8	79,23	37,16	40,67	49,18	58,54	64,06	71,66	70,10	56,35	14,03
9	81,39	36,53	41,36	51,50	60,03	64,89	72,64	74,53	60,29	11,87
10	79,12	32,20	45,33	51,67	59,86	64,46	69,18	71,15	55,77	14,14
11	78,74	26,92	45,18	52,09	59,02	64,31	70,13	68,86	57,21	14,52

Tabel A3. Data hasil pengukuran waktu dengung (RT/*Revebration Time*) didalam Ruang Sidang untuk 1 pita oktaf untuk setiap titik pengukuran

Titik	Frekuensi (Hz)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
1	0,09	0,31	0,76	0,74	0,78	0,71	0,54	0,49
2	0,83	1,05	0,84	1,09	0,90	0,79	0,72	0,63
3	0,92	0,46	0,64	0,75	0,82	0,81	0,68	0,61
4	0,95	1,00	1,01	0,66	0,85	0,81	0,72	0,66

Titik	Frekuensi (Hz)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
5	0,69	0,68	0,89	1,03	0,86	0,87	0,82	0,66
6	1,19	0,73	1,07	1,07	1,00	0,99	0,76	0,68
7	0,88	0,63	0,89	1,05	1,03	0,97	0,94	0,71
8	1,10	0,95	0,80	1,16	1,04	0,98	0,90	0,73
9	0,91	0,99	1,03	0,90	0,97	1,00	0,88	0,71
10	1,22	0,91	0,83	0,89	0,94	1,00	0,92	0,72
11	1,29	0,67	1,00	1,19	1,18	0,92	0,88	0,71

Tabel A4. Data hasil pengukuran C80 (*Clarity*) didalam Ruang Sidang untuk 1 pita oktaf di untuk setiap titik pengukuran

Titik	Frekuensi (Hz)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
1	23	10,96	5,43	6,41	6,08	6,91	8,53	9,87
2	2,4	2,23	4,3	4,36	5,11	5,29	6,45	7,17
3	4,3	9,19	7,67	6,17	4,2	5,15	6,07	7,48

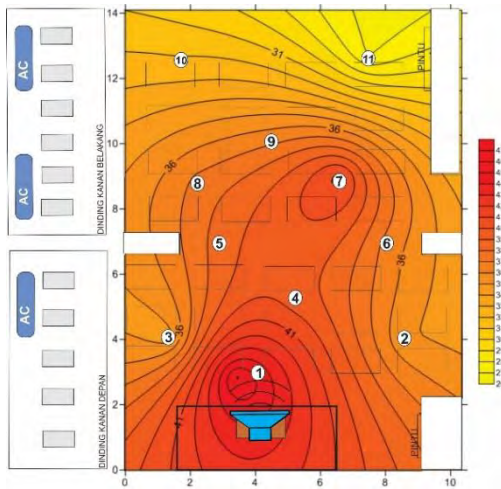
Titik	Frekuensi (Hz)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
4	4,41	6	4,42	6,23	2,91	5,64	5,47	7,07
5	6,28	7,13	3,68	2,21	1,68	2,91	4,07	6,06
6	3,23	6,72	5,23	3,69	4,7	3,91	5,52	5,95
7	4,34	4,08	1,26	1,92	2,72	2,35	2,35	6,11
8	3,22	2,45	5,41	0,55	1,68	3,02	2,93	6,1
9	3,65	3,54	-1,21	2	2,22	1,92	3,43	6,56
10	5,25	-0,11	5,41	1,58	1,93	1,1	2,07	5,73
11	3,86	5,31	1,53	1,02	0,8	3,02	3,3	5,44

Tabel A4. Data hasil pengukuran D50 didalam Ruang Sidang untuk 1 pita oktaf di untuk setiap titik pengukuran

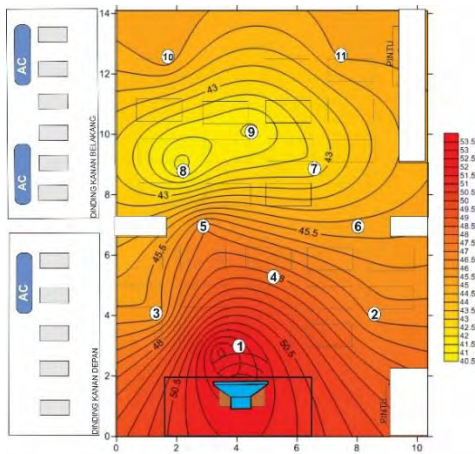
Titik	Frekuensi (Hz)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
1	99,25	89,97	61,49	68,65	66,64	72,29	75,98	78,61
2	44,21	53,28	51,21	56,78	63,56	60,05	66,22	70,66

Titik	Frekuensi (Hz)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
3	63,57	79,21	71,78	61,93	59,93	64,72	65,19	69,88
4	62,25	74,80	64,14	62,77	46,50	61,23	59,66	69,53
5	52,05	79,24	48,05	45,36	44,00	47,87	55,17	62,11
6	49,42	76,07	61,06	57,12	64,01	55,78	61,47	60,31
7	54,20	65,21	40,74	33,61	48,13	46,61	45,92	65,14
8	43,74	52,69	70,86	42,91	48,21	47,53	45,48	64,96
9	53,13	49,55	37,27	37,32	52,20	43,69	49,41	68,33
10	65,89	29,39	66,38	40,46	39,18	36,80	42,68	63,82
11	56,57	40,16	51,31	38,82	39,20	46,41	49,09	60,34

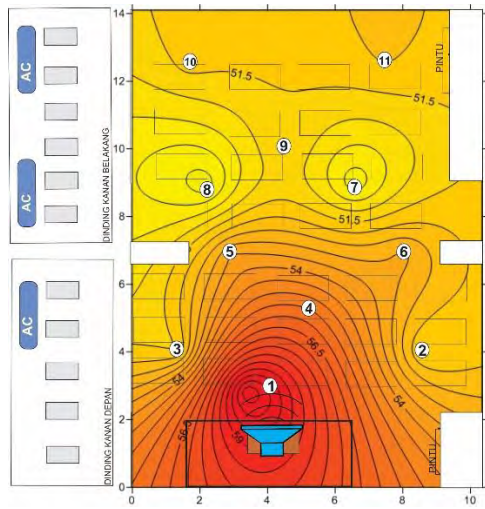
## LAMPIRAN II



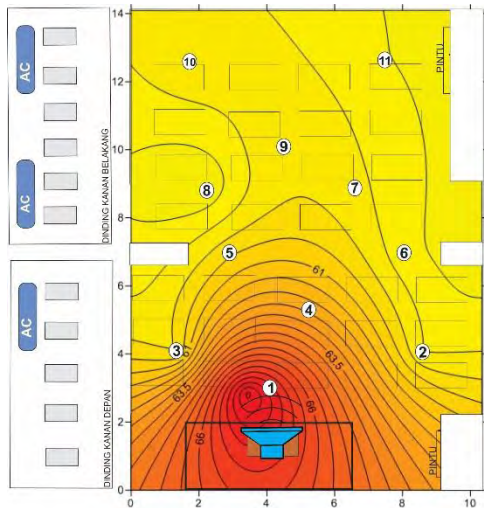
Gambar B1. Persebaran SPL di frekuensi 63 Hz



Gambar B2. Persebaran SPL di frekuensi 125 Hz

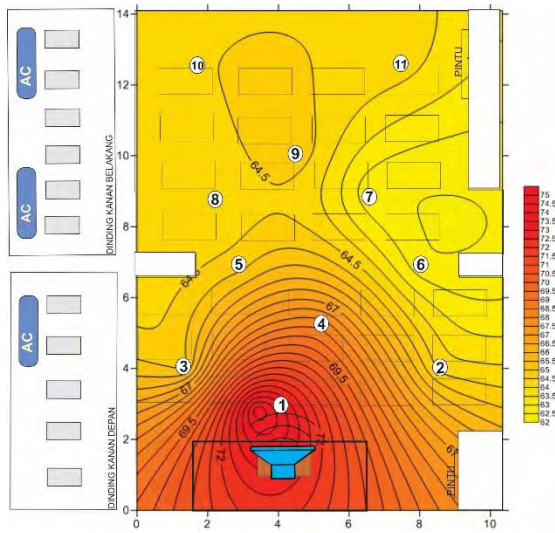


Gambar B3. Persebaran SPL di frekuensi 250 Hz

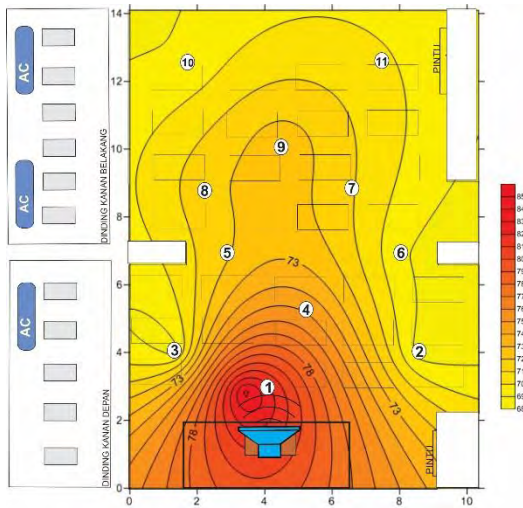


Gambar B4. Persebaran SPL di frekuensi 500 Hz

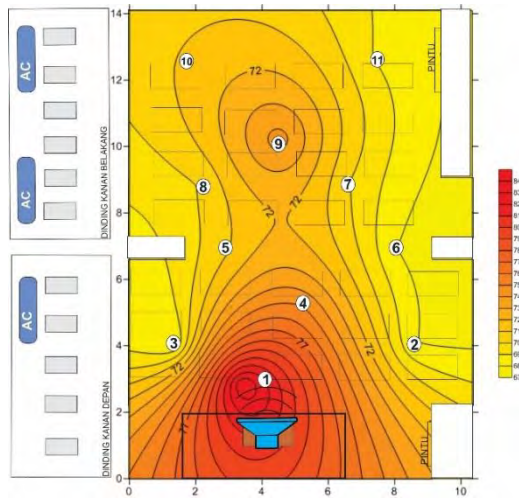




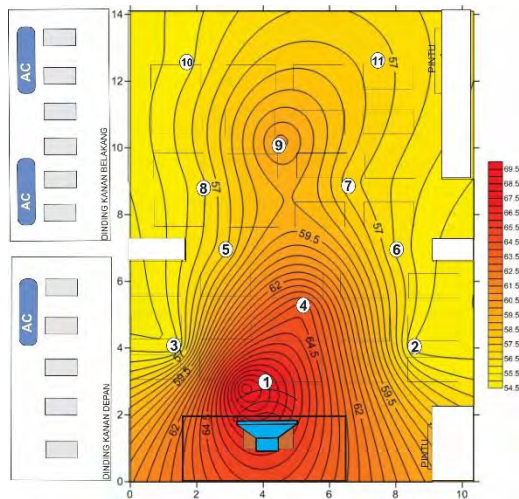
Gambar B5. Persebaran SPL di frekuensi 1000 Hz



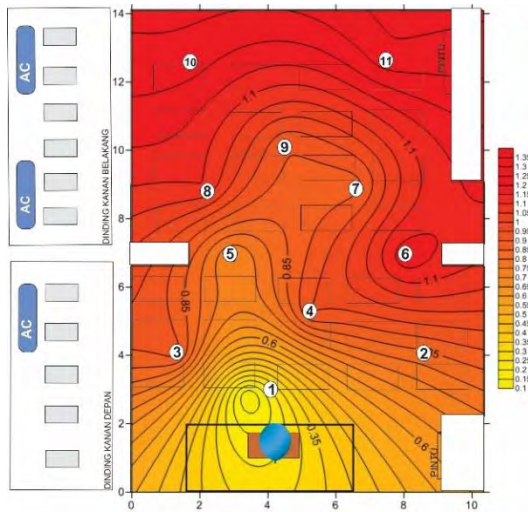
Gambar B6. Persebaran SPL di frekuensi 2000 Hz



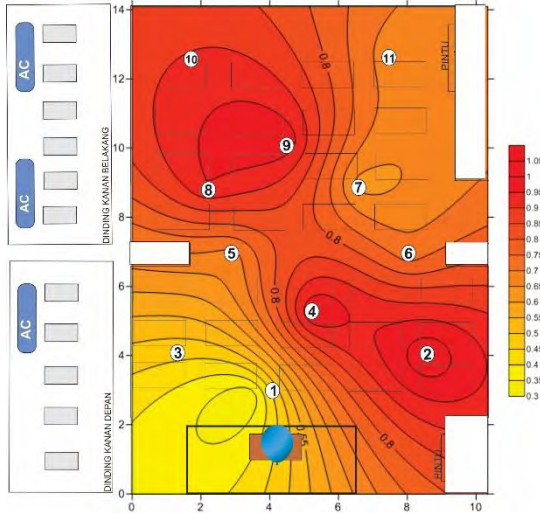
Gambar B7. Persebaran SPL di frekuensi 4000 Hz



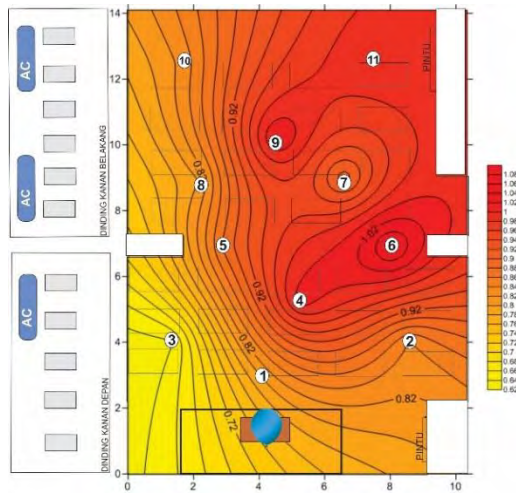
Gambar B8. Persebaran SPL di frekuensi 8000 Hz



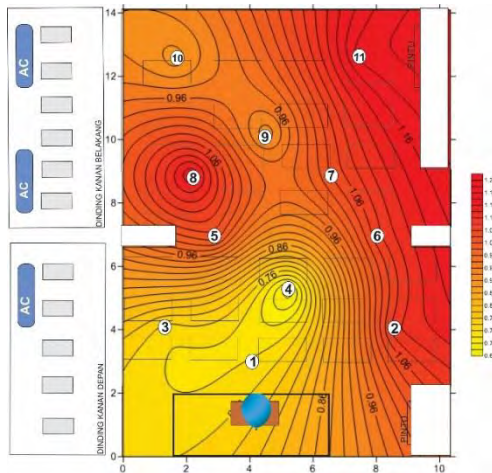
Gambar B9. Persebaran nilai RT di frekuensi 63 Hz



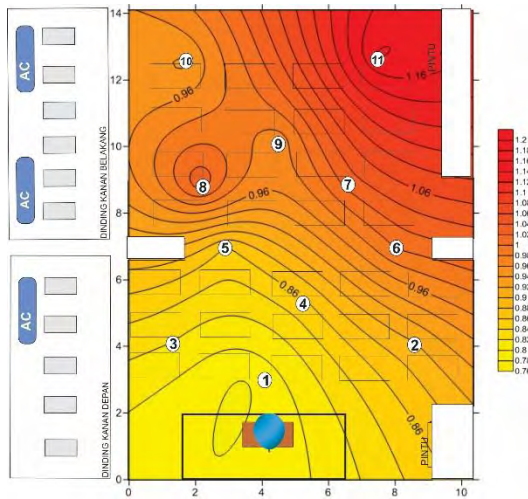
Gambar B10. Persebaran nilai RT di frekuensi 125 Hz



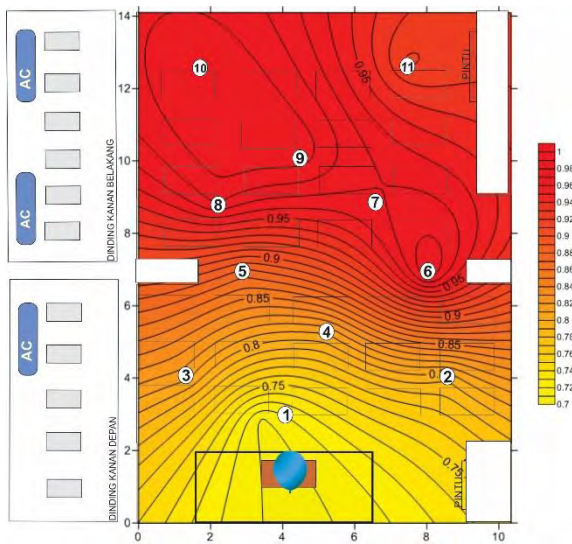
Gambar B11. Persebaran RT di frekuensi 250 Hz



Gambar B12. Persebaran RT di frekuensi 500 Hz

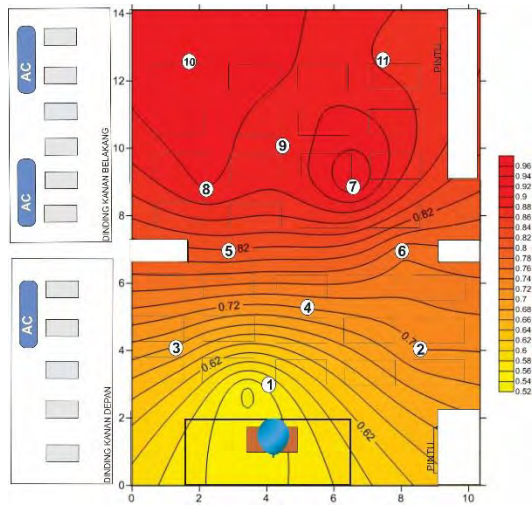


Gambar B13. Persebaran RT di frekuensi 1000 Hz

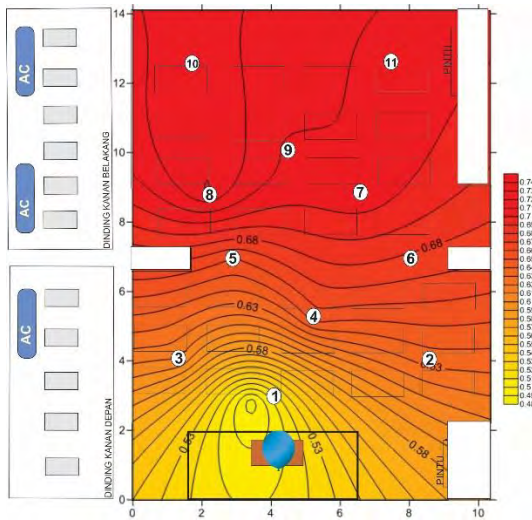


Gambar B14. Persebaran RT di frekuensi 2000 Hz

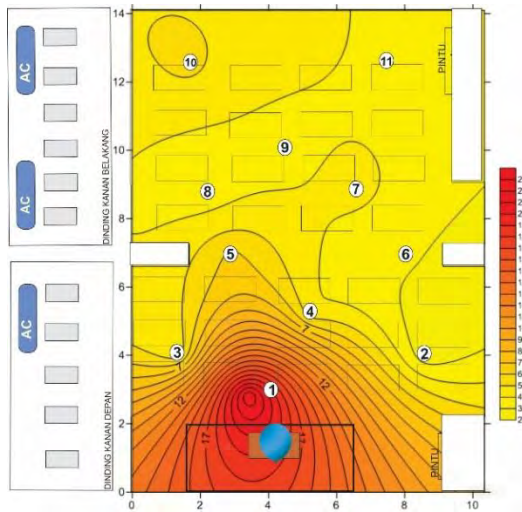




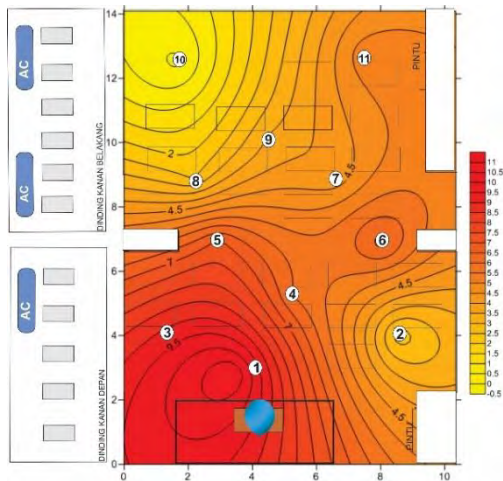
Gambar B15. Persebaran RT di frekuensi 4000 Hz



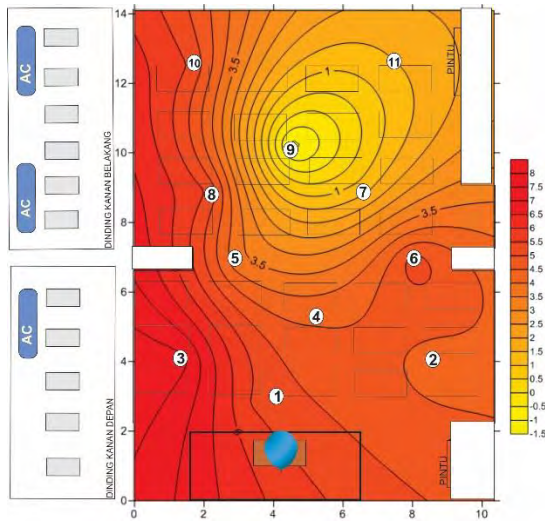
Gambar B16. Persebaran RT di frekuensi 8000 Hz



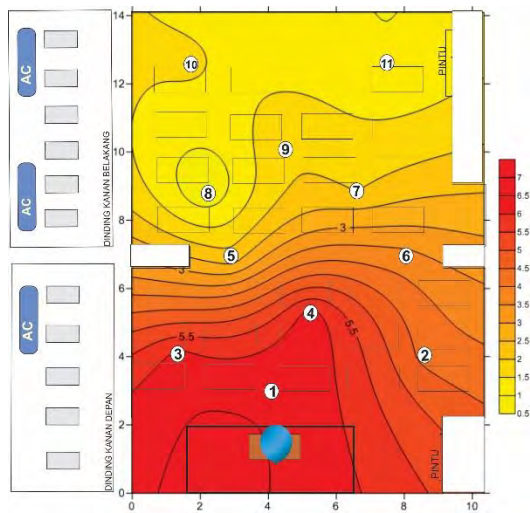
Gambar B17. Persebaran C80 di frekuensi 63 Hz



Gambar B18. Persebaran C80 di frekuensi 125 Hz

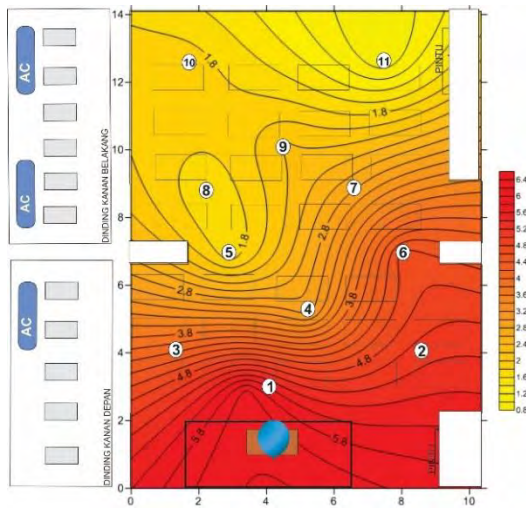


Gambar B19. Persebaran C80 di frekuensi 250 Hz

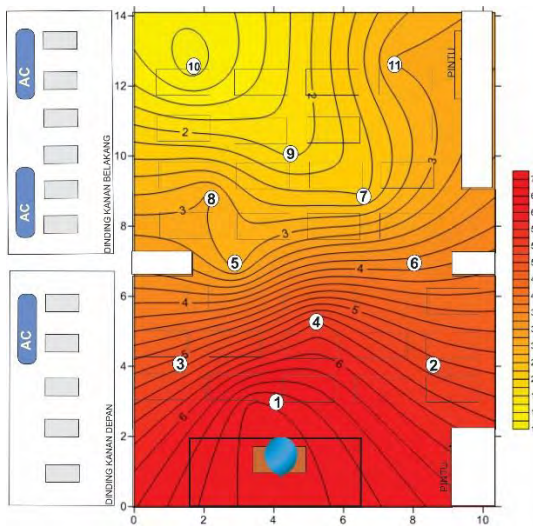


Gambar B20. Persebaran C80 di frekuensi 500 Hz

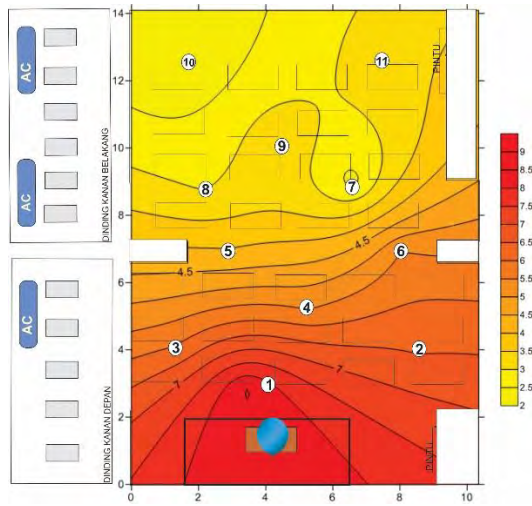




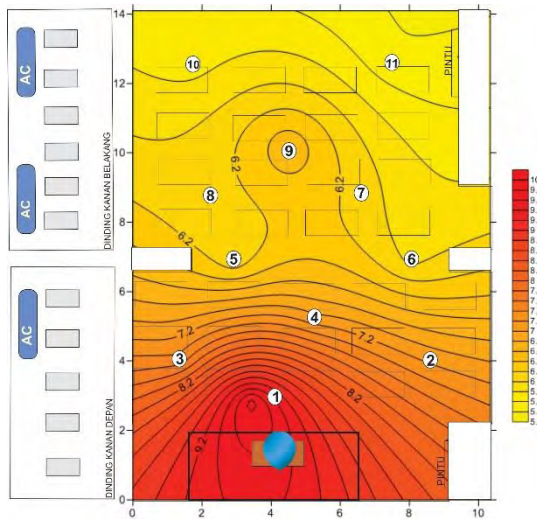
Gambar B21. Persebaran C80 di frekuensi 1000 Hz



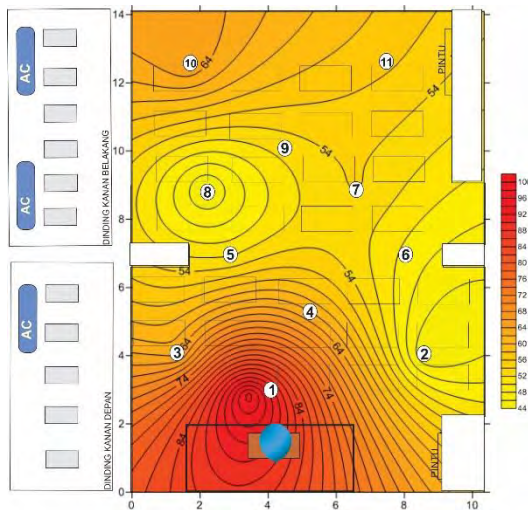
Gambar B22. Persebaran C80 di frekuensi 2000 Hz



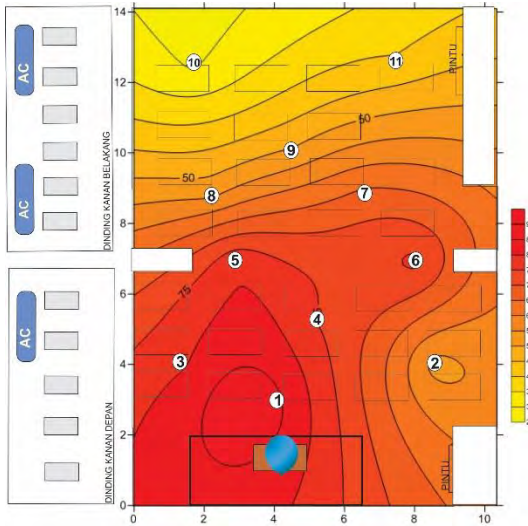
Gambar B23. Persebaran C80 di frekuensi 4000 Hz



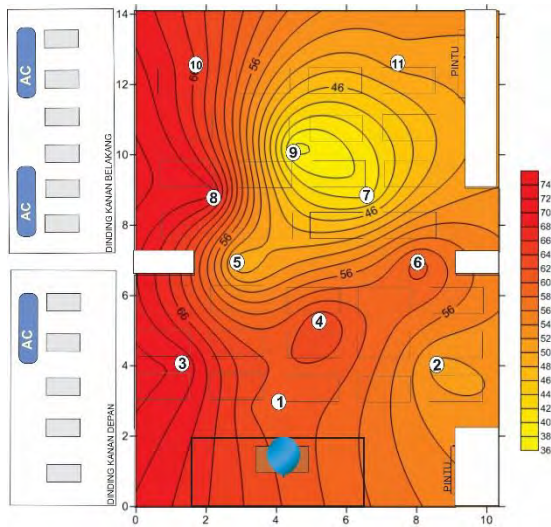
Gambar B24. Persebaran C80 di frekuensi 8000 Hz



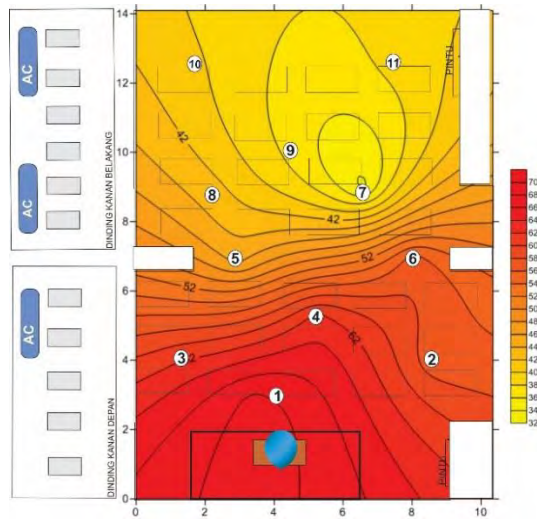
Gambar B25. Persebaran D50 di frekuensi 63 Hz



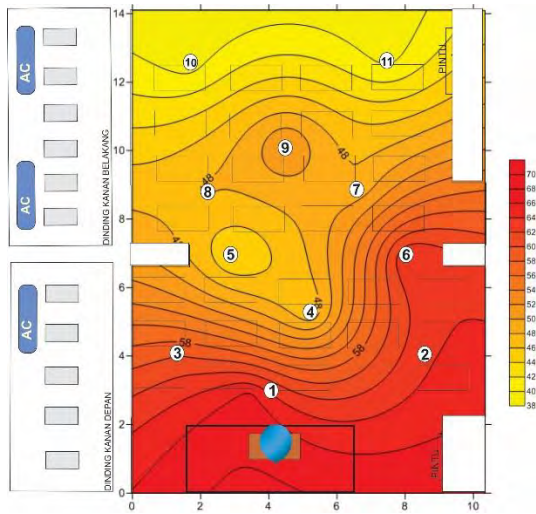
Gambar B26. Persebaran D50 di frekuensi 125 Hz



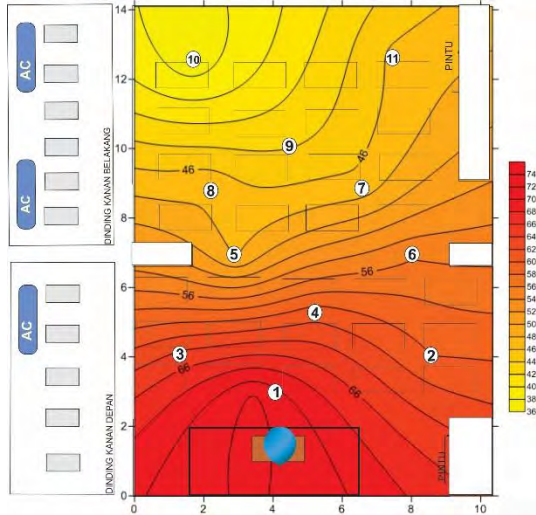
Gambar B27. Persebaran D50 di frekuensi 250 Hz



Gambar B28. Persebaran D50 di frekuensi 500 Hz

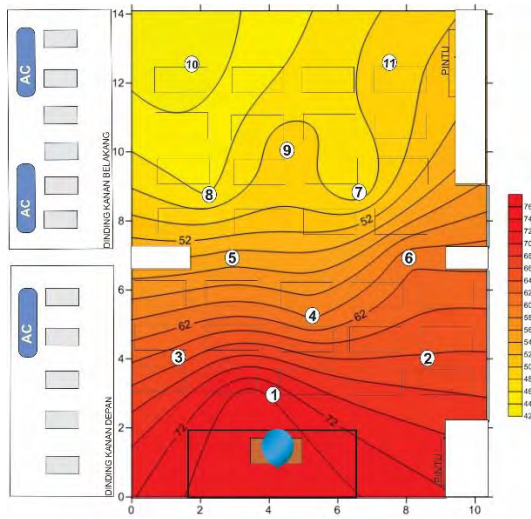


Gambar B29. Persebaran D50 di frekuensi 1000 Hz

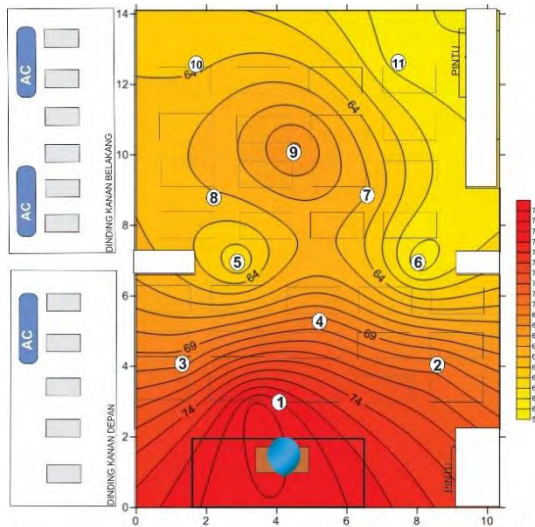


Gambar B30. Persebaran D50 di frekuensi 2000 Hz



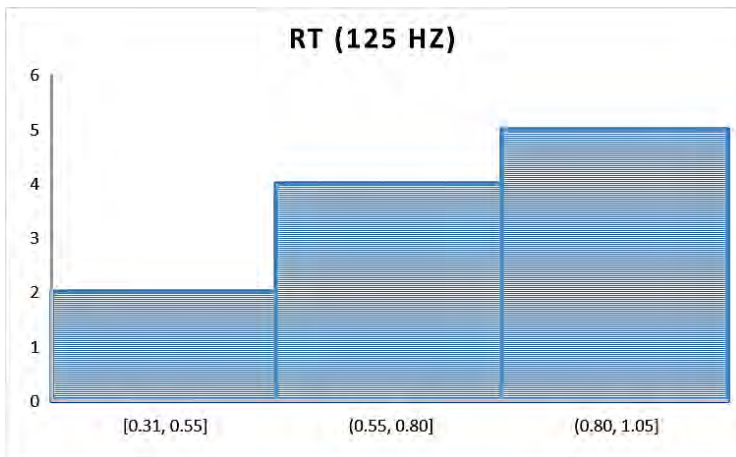


Gambar B31. Persebaran D50 di frekuensi 4000 Hz

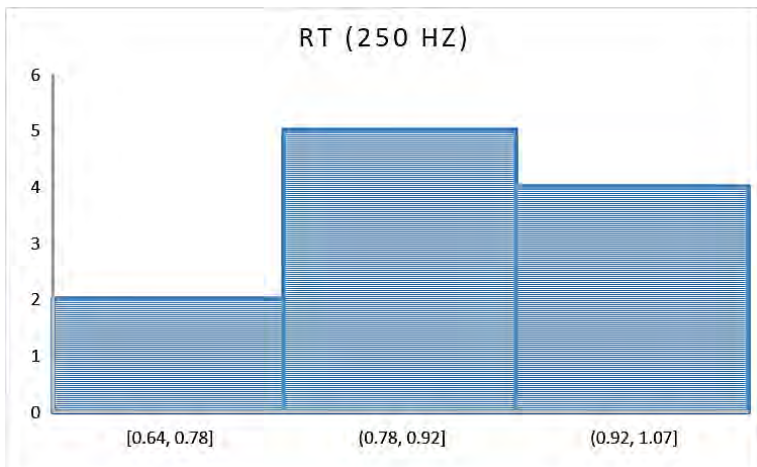


Gambar B32. Persebaran D50 di frekuensi 8000 Hz

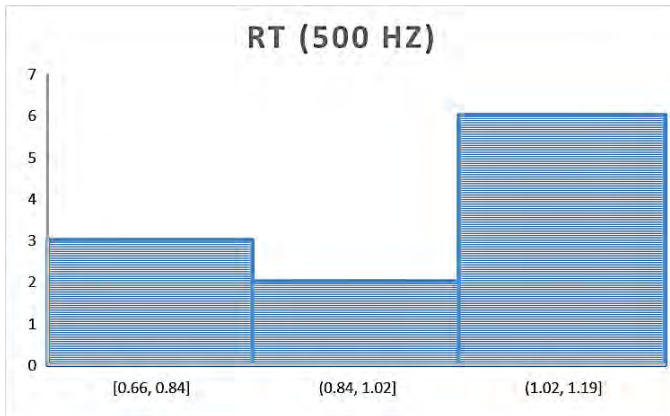
### LAMPIRAN III



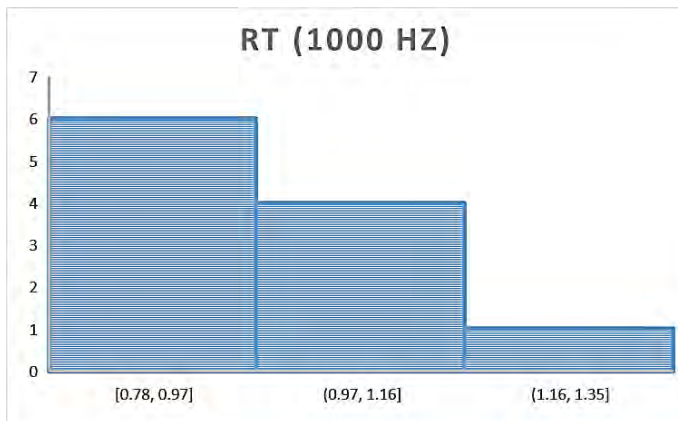
Gambar C1. Rentang persebaran RT pada frekuensi 125 Hz



Gambar C2. Rentang persebaran RT pada frekuensi 250 Hz

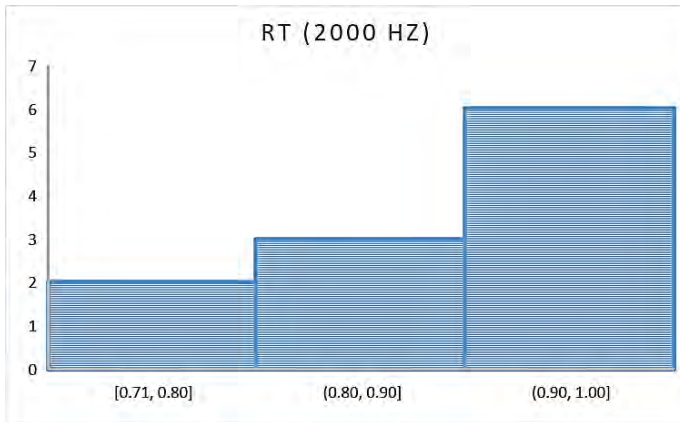


Gambar C3. Rentang persebaran RT pada frekuensi 500 Hz

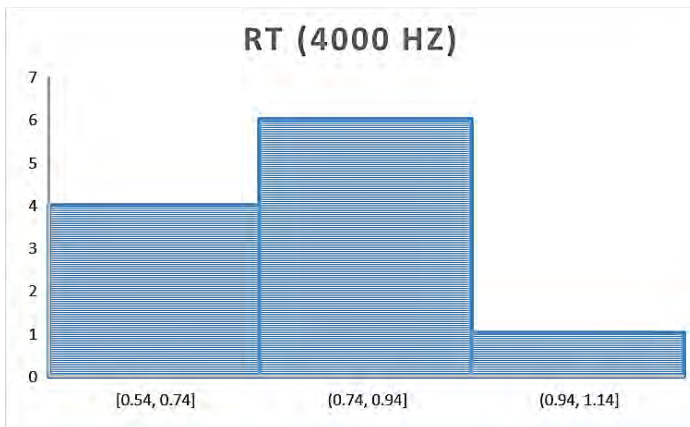


Gambar C4. Rentang persebaran RT pada frekuensi 1000 Hz

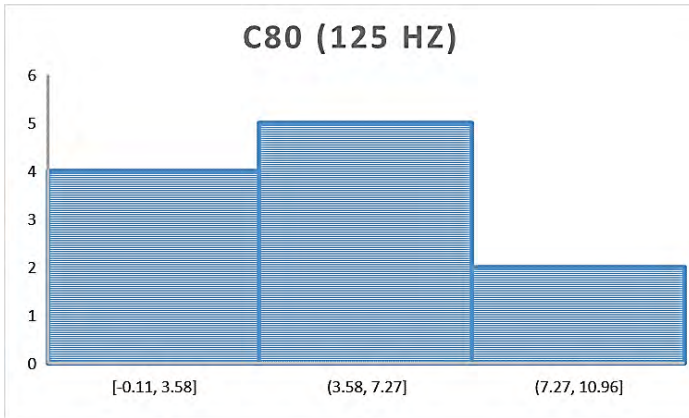




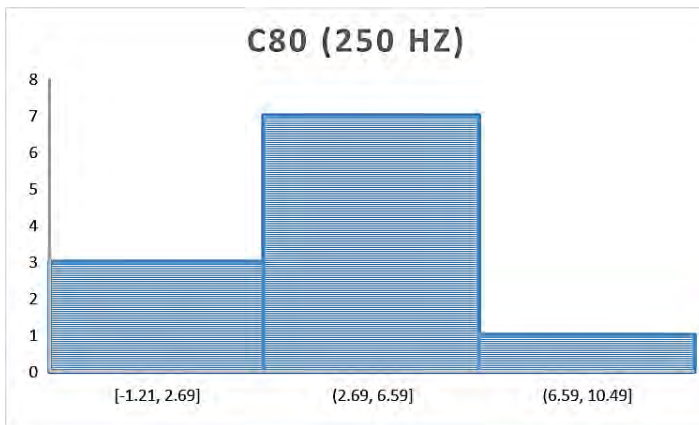
Gambar C5. Rentang persebaran RT pada frekuensi 2000 Hz



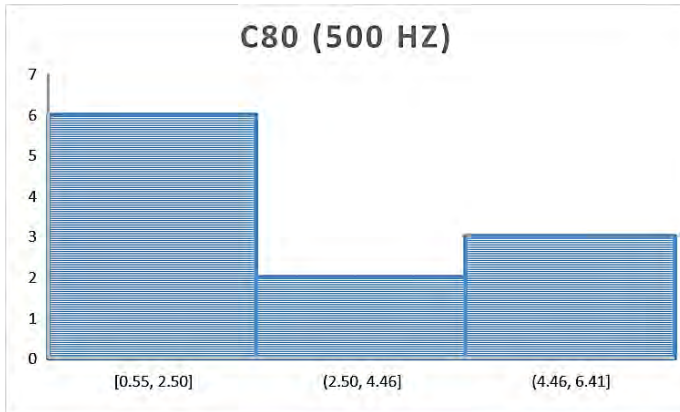
Gambar C6. Rentang persebaran RT pada frekuensi 4000 Hz



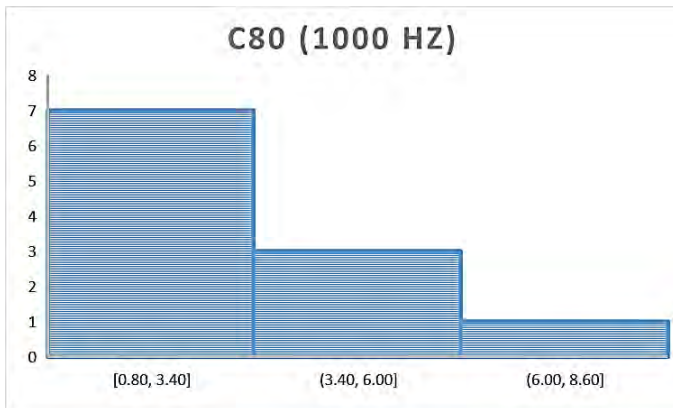
Gambar C7. Rentang persebaran C80 pada frekuensi 125 Hz



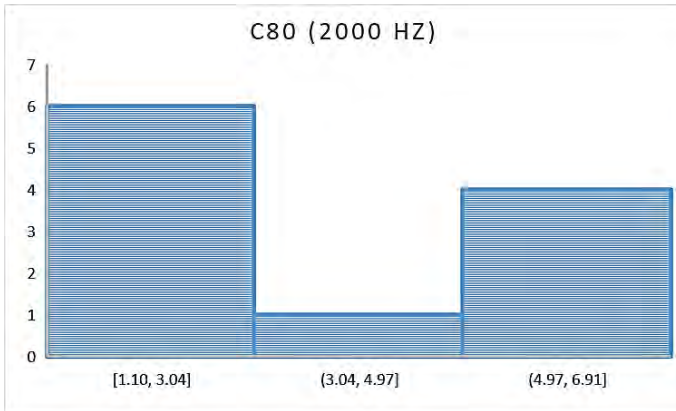
Gambar C8. Rentang persebaran C80 pada frekuensi 250 Hz



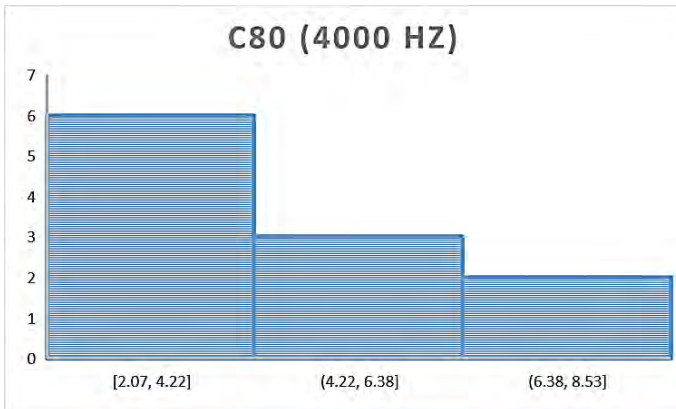
Gambar C9. Rentang persebaran C80 pada frekuensi 500 Hz



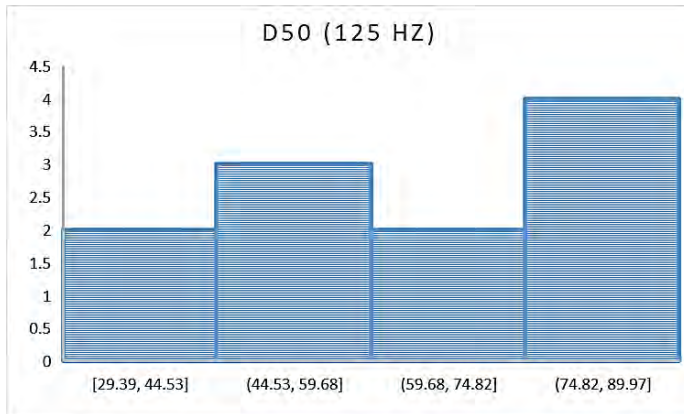
Gambar C10. Rentang persebaran C80 pada frekuensi 1000 Hz



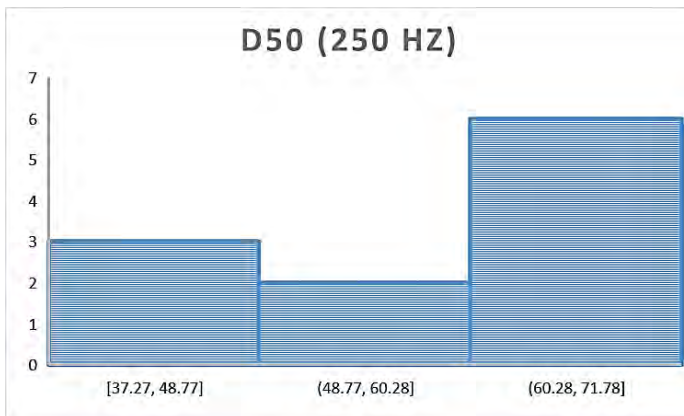
Gambar C11. Rentang persebaran C80 pada frekuensi 2000 Hz



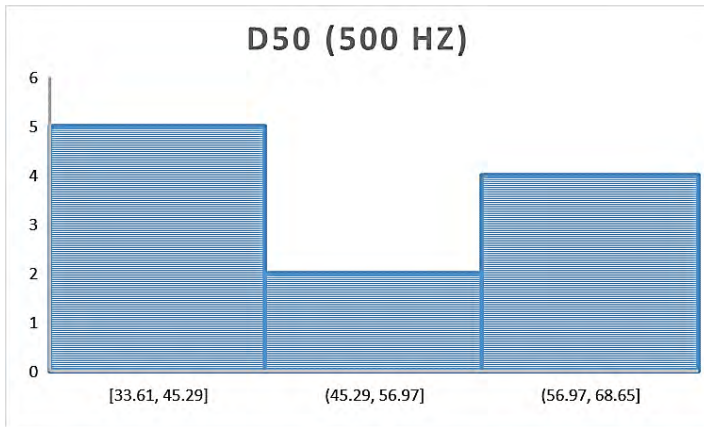
Gambar C12. Rentang persebaran C80 pada frekuensi 4000 Hz



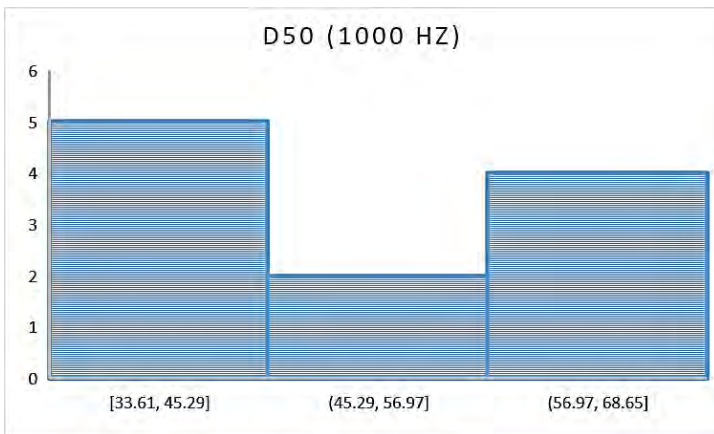
Gambar C13. Rentang persebaran D50 pada frekuensi 125 Hz



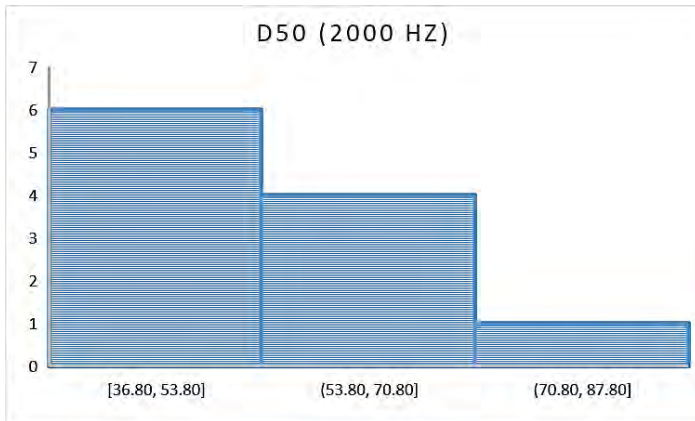
Gambar C14. Rentang persebaran D50 pada frekuensi 250 Hz



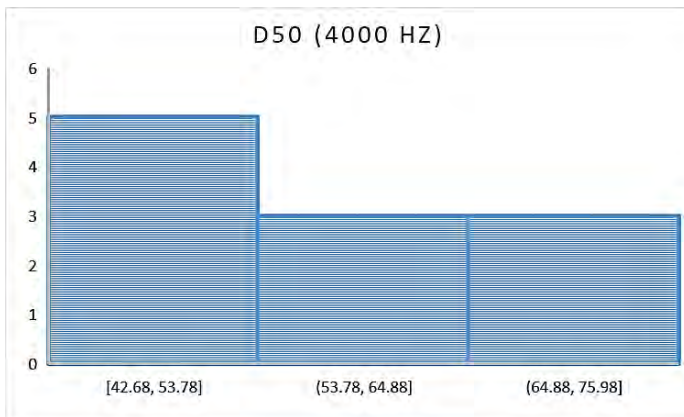
Gambar C15. Rentang persebaran D50 pada frekuensi 500 Hz



Gambar C16. Rentang persebaran D50 pada frekuensi 1000 Hz



Gambar C17. Rentang persebaran D50 pada frekuensi 2000 Hz



Gambar C18. Rentang persebaran D50 pada frekuensi 4000 Hz

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Fannisa Rahman, lahir di Padang pada 19 Desember 1994, anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal yaitu SD 006 Tualang pada 2001-2007, SMPN 03 Padang pada 2007-2010, SMAN 1 Tualang pada 2010-2013, dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember dari 2013 hingga sekarang.

Bagi penulis menjadi anak tertua dikeluarga dan sering berpindah-pindah sekolah membuat penulis cepat menyesuaikan diri di tempat yang jauh dari rumah. Memilih kuliah di Jawa juga membuat penulis belajar akan adat dan budaya yang berbeda dari daerah asal. Seperti kata pepatah, “Dunia adalah sebuah buku dan mereka yang berdiam dirumahnya hanya khatam 1 halaman saja”

Selama menjalani kuliah S1 di Fisika ITS penulis yang ada ITS termasuk kegiatan paguyuban. Saya mengikuti pelatihan tingkat dasar pra-TD dan berbagai pelatihan lain, menjadi staff Departemen Perkom HIMASIKA 2014/2015 pada tahun kedua, kemudian menjadi sekretaris ENDEV HIMASIKA 2015/2016 pada tahun ke 3. Penulis juga aktif menjadi panitia kegiatan mahasiswa diantaranya panitia GERIGI ITS 2014 dan 2015, OC pra-TD 2014, dll. Ikut berkontribusi dan aktif dalam suatu kegiatan merupakan salah satu prinsip hidup penulis yaitu bermanfaat untuk diri sendiri, lingkungan, dan negara. Saat ini penulis sedang mendalami bidang akustik dan belajar design.